



TUGAS AKHIR - SS 145561

**ANALISIS KAPABILITAS MUTU
DI PABRIK GULA TJOEKIR JOMBANG
PERIODE GILING TAHUN 2016**

**Igusti Mega Sekar Arum
NRP 1314 030 075**

**Dosen Pembimbing
Dra. Lucia Aridinanti, MT**

**DEPARTEMEN STATISTIKA BISNIS
Fakultas Vokasi
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
2017**



TUGAS AKHIR - SS 145561

**ANALISIS KAPABILITAS MUTU
DI PABRIK GULA TJOEKIR JOMBANG
PERIODE GILING TAHUN 2016**

**IGUSTI MEGA SEKAR ARUM
NRP 1314 030 075**

**Dosen Pembimbing
Dra. Lucia Aridinanti, MT**

**DEPARTEMEN STATISTIKA BISNIS
Fakultas Vokasi
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2017**



FINAL PROJECT - SS 145561

**ANALYSIS CAPABILITIES OF QUALITY
IN THE SUGAR FACTORY TJOEKIR JOMBANG
MILLED PERIOD OF 2016**

**IGUSTI MEGA SEKAR ARUM
NRP 1314 030 075**

**Supervisor
Dra. Lucia Aridinanti, MT**

**DEPARTEMENT OF BUSINESS STATISTICS
Fakulty Of Vocation
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2017**

LEMBAR PENGESAHAN

**ANALISIS KAPABILITAS MUTU DI PABRIK GULA
TJOEKIR JOMBANG PERIODE GILING TAHUN 2016**

TUGAS AKHIR

**Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat
Memperoleh Gelar Ahli Madya Pada
Departemen Statistika Bisnis
Fakultas Vokasi
Institut Teknologi Sepuluh Nopember**

Oleh :

**IGUSTI MEGA SEKAR ARUM
NRP. 1314 030 075**

SURABAYA, JULI 2017

**Menyetujui,
Pembimbing Tugas Akhir**

**Dra. Lucia Aridinati, M.T
NIP. 19610131 198701 2 001**

**Mengetahui,
Kepala Departemen Statistika Bisnis**

**Dr. Wahyu Wibowo, S.Si, M.Si
NIP. 19740328 199802 1 001**
↓
DEPARTEMEN
STATISTIKA BISNIS

ANALISIS KAPABILITAS MUTU DI PABRIK GULA TJOEKIR JOMBANG PERIODE GILING TAHUN 2016

Nama Mahasiswa : Igusti Mega Sekar Arum
NRP : 1314 030 075
Departemen : Statistika Bisnis
Dosen Pembimbing : Dra. Lucia Aridinanti, M.T

ABSTRAK

Pabrik Gula Tjoekir merupakan salah satu unit pabrik gula yang dimiliki oleh PTPN X. Tingginya tingkat persaingan di dunia industri menuntut setiap perusahaan termasuk industri gula untuk selalu menjaga dan meningkatkan kualitas. Pabrik gula menghasilkan gula yang merupakan salah satu kebutuhan pokok dan sumber kalori yang relatif murah untuk bahan konsumsi. Penelitian ini menggunakan data hasil kualitas gula Pabrik Gula Tjoekir Jombang periode giling Tahun 2016. Sebelum melakukan analisis kapabilitas terlebih dahulu dilakukan pengecekan menggunakan peta kendali. Peta kendali T^2 Hotelling digunakan untuk mengendalikan mean proses dan peta kendali *Generalized Variance* digunakan untuk mengendalikan variabilitas proses. Hasil yang didapat yaitu tidak terdapat perbedaan proses pada shift kerja bulan Juni-Juli. Sedangkan untuk perbedaan proses pada phase, terdapat perbedaan antara phase I dan phase II. Hasil peta kendali pada phase I masih belum terkendali secara statistik, sedangkan pada phase II sudah terkendali secara statistik, faktor-faktor yang mempengaruhi ketidaksesuaian produksi dapat diketahui dari diagram *ishikawa*. Andaikan telah dilakukan perbaikan proses indeks kapabilitas proses secara multivariat dari kedua phase diperoleh secara berturut-turut adalah 1,1 dan 1,319 yang berarti proses produksi gula pada Bulan Juni dan Bulan Juli sudah kapabel.

Kata Kunci : *Analisis Kapabilitas, Diagram Ishikawa Mutu, Generalized Variance, T^2 Hotelling*

Halaman ini sengaja dikosongkan

ANALYSIS CAPABILITIES OF QUALITY IN THE SUGAR FACTORY TJOEKIR JOMBANG MILLED PERIOD OF 2016

Student Name : Igusti Mega Sekar Arum
NRP : 1314 030 075
Departement : Business Statistics
Supervisor : Dra. Lucia Aridinanti, M.T

ABSTRACT

Tjoekir Sugar Factory is one of the sugar factory units owned by PTPN X. The high level of competition in the industrial world requires every company including sugar industry to always maintain and improve quality. Sugar factories produce sugar which is one of the basic needs and sources of calories are relatively cheap for consumption materials. This research used data of sugar quality of Tjoekir Jombang Sugar Mill in Year 2016 period. Before performing capability analysis, it is done by checking using the control chart. The T^2 Hotelling control chart is used to control the process mean and the Generalized Variance control chart is used to control process variability. The results obtained that there is no difference in the process shift work June-July. As for process differences in phase, there is a difference between phase I and phase II. The result of the control chart in phase I is still not statistically controlled, while in phase II it is statistically controlled, the factors that influence the non-conformity of production can be known from the ishikawa chart. Suppose that a process improvement of the multivariate process capability index of both phases has been obtained successively 1,1 and 1,319 meaning that the process of sugar production in June and July is already capable.

Key words: *Analysis Capabilities, Generalized Variance, Ishikawa Chart, Quality, T^2 Hotelling*

Halaman ini sengaja dikosongkan

KATA PENGANTAR

Alhamdulillah, puji syukur penulis panjatkan kehadiran Allah SWT atas segala limpahan rahmat dan karuniaNya kepada penulis dapat menyelesaikan laporan Tugas Akhir dengan judul “ANALISIS KAPABILITAS MUTU DI PABRIK GULA TJOEKIR JOMBANG PERIODE GILING TAHUN 2016”.

Laporan tugas akhir ini dapat terselesaikan dengan baik atas bantuan, motivasi, dan dukungan dari berbagai pihak baik secara langsung maupun tidak langsung kepada penulis. Oleh karena itu, penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada:

1. Ibu Dra. Lucia Aridinanti, M.T selaku dosen pembimbing
2. Ibu Ir. Mutiah Salamah, M.Kes selaku dosen penguji dan Ibu Mike Prastuti, S.Si, M.Si selaku dosen penguji dan validator
3. Ibu Ir. Sri Pingit Wulandari, M.Si selaku Kepala Program Studi Diploma III
4. Bapak Dr. Wahyu Wibowo, S.Si, M.Si selaku kepala Departemen Statistika Bisnis
5. Bapak Dr. Brodjol Sutijo Suprih Ulama, M.Si selaku dosen wali
6. Bapak Febri Hestama W, S.Psi dan PTPN X yang sudah mengizinkan penulis untuk mengambil data di Pabrik Gula Tjoekir Jombang sebagai objek penelitian
7. Bapak Tites Agung P, S.T, Bapak Setia Yusuf H. SP, Bapak Agus, dan seluruh karyawan Pabrik Gula Tjoekir Jombang
8. Bapak dan Ibu Dosen serta karyawan Departemen Statistika Bisnis Fakultas Vokasi ITS
9. Bapak dan Ibu Dosen serta Karyawan Departemen Statistika FMIPA ITS
10. Ibu Kasiati dan Bapak Agus Sumaryono selaku orang tua penulis
11. Ibu Musni, Ibu Soepini, Adik Dhani, Adik Gita dan seluruh keluarga penulis
12. Nita Pramastuti, Rizky Kusuma, Marmei Krisnasari, Putri, Indana, Firda, Nia, Meme, Eva, Risqi, Leli, Ifah, Hanna,

Rima, Lutfi Intan, Sheli, teman-teman SD, SMP, SMA dan Pioneer 2014 serta keluarga HIMADATA-ITS

Penulis menyadari bahwa masih terdapat kekurangan dalam tugas akhir ini, untuk itu diharapkan adanya kritik dan saran yang membangun untuk menunjang perbaikan laporan. Semoga laporan tugas akhir ini dapat bermanfaat bagi penulis, PTPN X, Pabrik Gula Tjoekir serta pembaca.

Surabaya, Juli 2017

Penulis

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL	i
COVER	iii
LEMBAR PENGESAHAN	v
ABSTRAK	vii
ABSTRACT	ix
KATA PENGANTAR	xi
DAFTAR ISI	xiii
DAFTAR TABEL	xiv
DAFTAR GAMBAR	xvii
DAFTAR LAMPIRAN	xix
BAB I PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Tujuan	4
1.4 Manfaat	4
1.5 Batasan Masalah	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	
2.1 Analisis Kapabilitas Proses	5
2.2 Peta Kendali Multivariat	5
2.2.1 Pemeriksaan Dan Pengujian Asumsi	6
2.2.2 Perbandingan K Populasi	9
2.2.3 Peta Kendali <i>Generalized Variance</i>	12
2.2.4 Peta Kendali T^2 <i>Hotteling</i>	13
2.3 Indeks Kapabilitas Proses	15
2.4 Diagram <i>Ishikawa</i>	17
2.5 Proses Produksi Gula	18
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	
3.1 Variabel Penelitian	21
3.2 Langkah Analisis	23
BAB IV ANALISIS DAN PEMBAHASAN	
4.1 Karakteristik Mutu Produksi PG Tjoekir Tahun 2016	27

4.2	Pemeriksaan Asumsi Multivariat Mutu PG Tjoekir Tahun 2016.....	34
4.2.1	Uji Independensi Mutu PG Tjoekir	34
4.2.2	Pemeriksaan Asumsi Distribusi Normal Multivariat Mutu PG Tjoekir	35
4.2.3	Analisis Homogenitas Varians Kovarian Mutu PG Tjoekir	36
4.3	Perbandingan Antar <i>Shift</i> Mutu PG Tjoekir Tahun 2016	37
4.4	Analisis Kapabilitas Mutu Gula Pada Phase I	38
4.5	Perbandingan Antar Phase Mutu PG Tjoekir Tahun 2016.....	42
4.6	Analisis Kapabilitas Mutu Gula Pada Phase II	43
4.7	Faktor Penyebab Ketidaksesuaian Produksi	45
4.8	Penentuan Indeks Kapabilitas Mutu PG Tjoekir	47
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN		
5.1	Kesimpulan	51
5.2	Saran	51
DAFTAR PUSTAKA		
LAMPIRAN		
BIODATA PENULIS		

DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 2.1 Struktur Data Pengamatan MANOVA	10
Tabel 2.2 Hasil MANOVA	11
Tabel 2.3 Keputusan MANOVA	12
Tabel 3.1 Variabel Penelitian	22
Tabel 3.2 Struktur Data	22
Tabel 4.1 Karakteristik Data Pengendalian Mutu PG Tjoekir .	27
Tabel 4.2 Karakteristik Data Pengendalian Mutu PG Tjoekir Tanpa Data Nol	28
Tabel 4.3 Indeks Kapabilitas Proses Secara Univariat Bulan Juni 2016	47
Tabel 4.4 Indeks Kapabilitas Proses Secara Univariat Bulan Juli 2016	48

Halaman ini sengaja dikosongkan

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 3.1 Diagram Alir	24
Gambar 4.1 Diagram Garis Berat Jenis Butir	30
Gambar 4.2 Diagram Garis Warna Larutan	31
Gambar 4.3 Diagram Garis Polarisasi.....	32
Gambar 4.4 Diagram Garis Susut Pengeringan	33
Gambar 4.5 Peta Kendali <i>Generalized Variance</i> Bulan Juni ..	38
Gambar 4.6 Peta Kendali <i>Generalized Variance</i> Bulan Juni Iterasi 1	39
Gambar 4.7 Peta Kendali <i>Generalized Variance</i> Bulan Juni Iterasi 2	39
Gambar 4.8 Peta Kendali T^2 <i>Hotteling</i> Bulan Juli.....	40
Gambar 4.9 Peta Kendali T^2 <i>Hotteling</i> Bulan Juli Iterasi I	41
Gambar 4.10 Peta Kendali T^2 <i>Hotteling</i> Bulan Juli Iterasi II...	41
Gambar 4.11 Peta Kendali T^2 <i>Hotteling</i> Bulan Juli Iterasi III .	42
Gambar 4.12 Peta Kendali <i>Generalized Variance</i> Bulan Juli ..	44
Gambar 4.13 Peta Kendali T^2 <i>Hotteling</i> Bulan Juli	45
Gambar 4.14 Diagram <i>Ishikawa</i>	46

Halaman ini sengaja dikosongkan

DAFTAR LAMPIRAN

	Halaman
Lampiran 1 Data Karakteristik Kualitas Mutu Pabrik Gula Tjoekir Bulan Juni 2016	55
Lampiran 2 Data Karakteristik Kualitas Mutu Pabrik Gula Tjoekir Bulan Juli 2016.....	59
Lampiran 3A <i>Syntax</i> Pengujian Asumsi Normal Multivariat Menggunakan <i>Software R</i>	62
Lampiran 3B Pengujian Asumsi Normal Multivariat Bulan Juni Sebelum Transformasi	63
Lampiran 3C <i>Boxplot</i> Bulan Juni Transformasi I	64
Lampiran 3D Pengujian Asumsi Normal Multivariat Bulan Juni Setelah Transformasi 1	66
Lampiran 3E <i>Boxplot</i> Bulan Juni Transformasi 2	67
Lampiran 3F Pengujian Asumsi Normal Multivariat Bulan Juni Setelah Transformasi 2	68
Lampiran 3G <i>Boxplot</i> Bulan Juni Transformasi 3	69
Lampiran 3H Pengujian Asumsi Normal Multivariat Bulan Juni Setelah Transformasi 3	70
Lampiran 3I Pengujian Asumsi Normal Multivariat Bulan Juli Sebelum Transformasi	71
Lampiran 3J <i>Boxplot</i> Bulan Juli Transformasi 1	72
Lampiran 3K Pengujian Asumsi Normal Multivariat Bulan Juli Setelah Transformasi 1	73
Lampiran 3L Data Bulan Juni Setelah Transformasi	74
Lampiran 3M Data Bulan Juli Setelah Transformasi	76
Lampiran 4A <i>Output</i> Pengujian Asumsi Dependensi	78
Lampiran 4B <i>Output</i> Pengujian Homogenitas Matriks Varians Kovarians Antar <i>Shift</i>	78
Lampiran 4C <i>Output</i> Pengujian Homogenitas Matriks Varians Kovarians Antar <i>Phase</i>	78
Lampiran 5A <i>Output</i> MANOVA <i>Shift</i>	79
Lampiran 5B <i>Output</i> MANOVA <i>Phase</i>	81
Lampiran 6 <i>Output</i> Indeks Kapabilitas Phase I	83

Lampiran 7	<i>Output</i> Indeks Kapabilitas Phase II	85
Lampiran 8	Surat Ijin Penelitian	86
Lampiran 9	Surat Pernyataan Keaslian Data	87

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Pabrik Gula Tjoekir merupakan salah satu unit pabrik gula yang dimiliki oleh PT Perkebunan Nusantara X (PTPN X). Pabrik Gula Tjoekir berada di Desa Cukir, Kecamatan Diwek, Kabupaten Jombang, Jawa Timur. Produk utama dari PT Perkebunan Nusantara X adalah gula yang diproduksi menggunakan tebu sebagai bahan baku yang dihasilkan dengan memanfaatkan proses defekasi-sulfitasi. Proses defekasi adalah proses pemurnian gula dengan cara pemberian susu kapur pada nira sehingga terjadilah pengendapan yang kemudian dapat dipisahkan antara nira kotor dan nira jernih. Sedangkan, sulfitasi adalah proses pemurnian gula dengan menggunakan gas SO₂ dan keluaran yang menghasilkan gula coklat sedangkan proses sulfitasi menghasilkan gula putih. Pabrik Gula Tjoekir merupakan pabrik gula keempat dengan kapasitas produksi terbesar dari 11 Pabrik Gula yang dinaungi oleh PTPN X (PTPN X, 2017). Tingginya tingkat persaingan di dunia industri menuntut setiap perusahaan termasuk industri gula untuk selalu menjaga dan meningkatkan kualitas. Situasi pemasaran yang semakin ketat persaingannya, peran mutu produk perusahaan akan semakin besar dalam kaitannya dengan perkembangan perusahaan tersebut. Untuk dapat bertahan maka pabrik gula dituntut untuk melakukan tindakan-tindakan yang efisien. Kegiatan efisien tersebut tetap harus memperhatikan mutu dari gula yang diproduksi, sehingga dapat memberikan harga yang dapat dijangkau oleh konsumen.

Pabrik gula menghasilkan gula yang merupakan salah satu kebutuhan pokok dan sumber kalori yang relatif murah untuk bahan konsumsi. Agar dapat diterima konsumen diperlukan konsistensi atau peningkatan mutu dari gula tersebut. Namun, suatu produk tidak hanya cukup dengan kata baik saja, tetapi harus bisa memenuhi keinginan atau spesifikasi dari konsumen. Untuk itu perlu dilakukan analisis lebih lanjut tentang kemampuan suatu produk yang dilihat dari proses produksinya yaitu disebut juga

sebagai analisis kapabilitas proses. Kapabilitas proses digunakan untuk mengetahui apakah proses sudah terkendali karena analisa kemampuan proses merupakan bagian yang penting dari program peningkatan kualitas. Selain itu kapabilitas proses juga dapat memberikan informasi mengenai variabilitas dalam proses. Sebelum melakukan analisa kapabilitas proses terlebih dahulu dilakukan pengecekan apakah proses produksi telah terkendali dengan menggunakan peta kendali.

Menurut penelitian Analisis Pelaksanaan Pengendalian Mutu pada Perusahaan Pabrik Gula oleh Tumanggoro (2005) pabrik gula adalah salah satu perusahaan makanan yang termasuk dalam sembilan bahan pokok, maka mutu produk haruslah sangat diperhatikan. Pengendalian mutu pada perusahaan pabrik gula dimulai dari pengadaan bahan baku sampai pada proses produksinya yang merupakan kegiatan haruslah diarahkan sedemikian rupa untuk dapat memperoleh produksi maksimal dengan tingkat kehilangan seminimal mungkin. Pabrik pada umumnya telah melaksanakan kebijaksanaan kualitas dengan menjalankan pengendalian kualitas dalam bentuk gugus kendali mutu secara kontinu dan terkoordinir dibawah pengawasan bagian pabrikasi. Kesimpulan dari pengendalian mutu diperoleh bahwa berdasarkan hasil pengujian control chart khususnya \bar{x} chart yang dilakukan didapat bahwa hampir seluruh proses terkendali yaitu pada kadar air, berat jenis butir, dan nilai remisi direduksi akan tetapi pada polarisasi terdapat data yang berada diluar batas kendali.

Gula yang dihasilkan dari proses produksi tidak selalu menghasilkan gula yang memenuhi batas spesifikasi yang ditentukan oleh Pabrik Gula. Oleh karena itu, perlunya dilakukan pengendalian kualitas agar kualitas mutu dari gula yang dihasilkan selama proses produksi tetap terjaga. Selama ini pengendalian kualitas mutu yang dilakukan oleh Pabrik Gula Tjoekir hanya melakukan analisis secara kimia akan tetapi Pabrik Gula Tjoekir Jombang perlu melakukan pengendalian kualitas mutu produksi gula secara statistik. Pengendalian mutu gula karakteristik kualitas

yang diukur adalah warna larutan, berat jenis butir, susut pengeringan dan polarisasi. Salah satu metode pengendalian kualitas yang dapat digunakan untuk memberi informasi dengan keempat karakteristik kualitas tersebut adalah pengendalian kualitas secara multivariat yaitu dengan menggunakan peta kendali T^2 Hotelling dan peta kendali *Generalized Variance*. Peta kendali T^2 Hotelling dan peta kendali *Generalized Variance* digunakan untuk mengendalikan proses produksi gula apakah sudah sesuai dengan batas spesifikasi yang ditentukan oleh Pabrik Gula Tjoekir Jombang atau tidak. Peta kendali yang digunakan menggunakan dua phase. Phase merupakan waktu bagian dari proses produksi yang digunakan untuk meneliti apakah antar waktu produksi sudah terkendali, pada penelitian ini menggunakan dua phase yaitu phase I yaitu Bulan Juni dan phase II yaitu Bulan Juli. Selain menganalisis kapabilitas proses pada penelitian ini dilakukan analisis apakah terdapat perbedaan proses dari setiap *shift* dan phase kerja. Sehingga penelitian dengan menggunakan peta kendali multivariat diharapkan dapat digunakan sebagai pedoman untuk mengendalikan proses selanjutnya dan bisa digunakan sebagai bahan evaluasi.

1.2 Rumusan Masalah

Proses produksi gula tidak selalu menghasilkan produk gula yang sesuai spesifikasi yang ditentukan Pabrik Gula. Gula yang tidak sesuai batas spesifikasi pun seringkali muncul dan menyebabkan gula akan kembali masuk kedalam pabrik untuk diproses kembali. Hal ini menyebabkan tidak efisiennya proses produksi. Untuk melakukan perbaikan Pabrik Gula memerlukan pengendalian mutu gula. Pabrik Gula (PG) Tjoekir belum pernah melakukan pengendalian kualitas secara statistik, selama ini pengendalian yang dilakukan secara kimia padahal pengendalian secara statistik terutama analisis kapabilitas mutu perlu dilakukan untuk mengevaluasi apakah proses produksi sudah baik atau belum dengan menggunakan phase I dan phase II untuk mengontrol apakah keduanya sudah terkendali. Selain itu diperlukan ana

apakah terjadi pergeseran proses pada *shift* dan phase kerja apabila terdapat perbedaan proses yang menyebabkan pergeseran maka hal tersebut akan berpengaruh dengan peta kendali yang akan dibuat.

1.3 Tujuan

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk menganalisis kapabilitas proses pengendalian mutu pada Pabrik Gula Tjoekir Jombang dan menganalisis pergeseran proses pada *shift* dan phase kerja dari pengendalian mutu gula.

1.4 Manfaat

Manfaat yang dapat diambil dari penelitian ini adalah memberikan informasi bagi PG Tjoekir dalam hal kualitas statistik dan sebagai masukan bagi pengambilan kebijakan pada PGTjoekir untuk membuat target kualitas gula yang dihasilkan, sehingga diharapkan dapat meminimalkan adanya cacat produk gula pada periode giling selanjutnya.

1.5 Batasan Masalah

Batasan masalah yang digunakan dalam penelitian ini adalah peta kendali T^2 Hotelling yang digunakan untuk mengendalikan *mean* proses dan peta kendali *Generalized Variance* digunakan untuk mengendalikan variabilitas proses. Selain itu, dalam penelitian ini hanya menggunakan data periode proses giling tahun 2016 Bulan Juni dan Juli.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

Sebelum dilakukan analisis kapabilitas proses terlebih dahulu dilakukan pengecekan apakah proses produksi sudah terkendali dengan menggunakan peta kendali T^2 Hotelling dan peta kendali *Generalized Variance* berikut adalah tinjauan pustaka yang digunakan dalam penelitian ini.

2.1 Analisis Kapabilitas Proses

Kapabilitas proses adalah suatu analisa guna menaksir kemampuan proses. Analisis kemampuan proses merupakan bagian yang sangat penting dari keseluruhan program peningkatan kualitas. Analisis kapabilitas proses merupakan bagian vital dari keseluruhan program peningkatan kualitas. Sebelum melakukan analisis kapabilitas proses terdapat beberapa asumsi yang harus dipenuhi (Montgomery, 2013).

1. Karakteristik kualitas telah mengikuti distribusi normal.
2. Proses telah terkendali secara statistik.
3. Pada kasus yang memiliki dua batas spesifikasi, rata-rata proses berada diantara batas spesifikasi bawah dan batas spesifikasi atas.

Asumsi tersebut sangat penting untuk keakuratan dan kevalidan jumlah pengamatan yang dilaporkan, dan jika tidak valid, jumlah yang dilaporkan mungkin salah besar.

2.2 Peta Kendali Multivariat

Peta kendali statistika adalah suatu alat yang digunakan untuk melihat kualitas hasil proses apakah terkendali secara statistik. Berdasarkan karakteristik kualitasnya, Peta kendali dibedakan menjadi dua yaitu Peta kendali variabel dan atribut. Peta kendali variabel merupakan Peta kendali yang karakteristik kualitasnya dapat diukur seperti panjang, lebar dan tinggi. Sedangkan peta kendali atribut jika karakteristik kualitasnya hanya membedakan saja seperti cacat atau tidak cacat. Suatu Peta kendali dikatakan terkendali jika plot pengamatan tidak keluar dari batas kendali.

Peta kendali memuat batas kendali atas (BKA), batas kendali bawah (BKB), serta garis tengah (GT).

Berdasarkan banyaknya karakteristik kualitas yang akan diukur, peta kendali dibagi menjadi dua jenis. Yang pertama adalah peta kendali univariat yang diperkenalkan oleh Walter A. Shewhart, peta kendali ini digunakan jika hanya ada satu karakteristik kualitas yang akan diukur, Peta kendali ini dikenal sebagai Peta kendali *Shewhart*. Sedangkan untuk mengukur dua atau lebih karakteristik kualitas secara bersamaan digunakan Peta kendali multivariat yang diperkenalkan oleh Harold Hotelling, peta kendali ini dikenal sebagai Peta kendali T^2 *Hotelling*. Peta kendali yang digunakan untuk mengendalikan *mean* proses adalah Peta kendali T^2 *Hotelling*, sedangkan Peta kendali untuk mengendalikan *varians* proses digunakan Peta kendali *Generalized Variance* (Montgomery, 2013).

2.2.1 Pemeriksaan Dan Pengujian Asumsi

Analisis multivariat merupakan suatu analisis dimana variabel yang digunakan lebih dari satu dan saling berkorelasi. Teknik analisis multivariat diklasifikasikan menjadi dua yaitu analisis dependen dan analisis independensi (Johnson & Wichern, 2007). Konsep dari analisis multivariat adalah variabel-variabelnya harus berkorelasi dan data harus berdistribusi normal. Asumsi yang harus dipenuhi adalah akan dijelaskan sebagai berikut.

a. Uji Independensi

Uji independen merupakan suatu pengukuran hubungan linier yang menggunakan standarisasi kovarians dimana pengukuran variabel memiliki satuan ukur yang berbeda, karena jika mengubah satuan maka akan mengubah variansnya. Uji *Barlett's* merupakan uji yang digunakan dalam uji independensi dengan hipotesis sebagai berikut.

Hipotesis :

H_0 : $\mathbf{R} = \mathbf{I}$ (Variabel-variabel tidak berkorelasi atau saling independen)

H_1 : $\mathbf{R} \neq \mathbf{I}$ (Variabel-variabel berkorelasi atau saling Dependen)
Menggunakan statistik uji *Chi-Square*

$$\chi^2_{hitung} = - \left\{ m - 1 - \frac{2p + 5}{6} \right\} \ln |\mathbf{R}| \quad (2.1)$$

Dimana \mathbf{R} merupakan matriks korelasi antar variabel yang dinyatakan pada Persamaan 2.7 dengan r_{ijk} merupakan nilai korelasi antar karakteristik kualitas pada Persamaan 2.6, x_{ijk} adalah nilai pengamatan ke- i , karakteristik kualitas ke- j , subgroup ke- k . Sedangkan j adalah karakteristik kualitas ke- j dimana $j = 1, 2, \dots, p$; k merupakan subgroup ke- k dengan $k = 1, 2, \dots, m$; n adalah jumlah observasi dan \mathbf{R} merupakan matriks korelasi dari masing-masing karakteristik kualitas.

$$r_{jk} = \frac{1}{p-1} \sum_{r=1}^p \left(\frac{x_{jr} - \bar{x}_j}{\sqrt{(x_{jr} - \bar{x}_j)^2}} \right) \left(\frac{x_{kr} - \bar{x}_k}{\sqrt{(x_{kr} - \bar{x}_k)^2}} \right) \quad (2.2)$$

Jika diperoleh gagal tolak H_0 apabila nilai $\chi^2_{hitung} < \chi^2_{\alpha, df}$ dengan ditentukan taraf signifikan α dan $df = \frac{1}{2} p(p-1)$ yang berarti antar variabel bersifat saling bebas atau independen (Rencher, 2002).

$$\mathbf{R} = \begin{bmatrix} 1 & r_{12} & \cdots & r_{1p} \\ r_{21} & 1 & \cdots & r_{2p} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ r_{p1} & r_{p2} & \cdots & 1 \end{bmatrix} \quad (2.3)$$

b. Pemeriksaan Asumsi Distribusi Normal Multivariat

Distribusi normal multivariat merupakan pengembangan dari distribusi normal univariat dengan jumlah variabel yang lebih dari satu. Distribusi ini digunakan pada sekelompok data yang variabel yang digunakan pada sekelompok data yang variabel-variabelnya saling dependen. Apabila terdapat sejumlah p variabel yang dinyatakan dalam bentuk vector $\mathbf{X}' = [\mathbf{X}_1, \mathbf{X}_2, \dots, \mathbf{X}_p]$ yang mengikuti distribusi normal multivariat dengan parameter $\bar{\mathbf{x}}$ dan \mathbf{S} (Johnson & Wichern, 2007). Berikut adalah hipotesis dari uji berdistribusi normal multivariat.

H_0 : Data berdistribusi normal multivariat

H_1 : Data tidak berdistribusi normal multivariat

Menggunakan statistik uji :

$$d_j^2 = (x_{ij} - \bar{x}_j)' S^{-1} (x_{ij} - \bar{x}_j) \quad (2.4)$$

dimana d_j^2 merupakan nilai jarak kuadrat pengamatan ke- j . Nilai *invers* matriks varian kovarian S yang dapat ditunjukkan pada Persamaan 2.7 merupakan taksiran Σ dimana nilai S_j^2 dapat dicari dengan Persamaan 2.2 yang merupakan persamaan untuk mencari varians adalah sebagai berikut.

$$S_j^2 = \left(\frac{\sum_{i=1}^m (x_{ij} - \bar{x}_j)^2}{m - 1} \right) \quad (2.5)$$

Kovarians dapat dicari dengan Persamaan 2.3 sebagai berikut.

$$S_{jk} = \frac{\sum_{i=1}^m (x_{ij} - \bar{x}_j)(x_{ik} - \bar{x}_k)}{m - 1} \quad (2.6)$$

Sehingga apabila terdapat sekitar 50% jarak $d_j^2 < \chi_{(p, 0.5)}^2$ maka data berdistribusi normal multivariat.

dimana d_j^2 adalah nilai statistik uji pada pengamatan ke- i , x_{ij} adalah vektor objek pengamatan ke- i pada variable ke- j , x_{ik} adalah objek pengamatan ke- i pada variable ke- k . Jumlah subgroup adalah m dimana $i = 1, 2, \dots, m$ dan jumlah karakteristik kualitas adalah p dimana $j = 1, 2, \dots, p$. Rata-rata pengamatan pada karakteristik kualitas ke- j adalah \bar{x}_j sedangkan rata-rata pengamatan pada karakteristik kualitas ke- k adalah \bar{x}_k . Dan S^{-1} adalah *invers* matriks varian kovarian $S_{p \times p}$.

$$S = \begin{bmatrix} s_1^2 & s_{12} & \cdots & s_{1p} \\ & s_2^2 & \cdots & s_{2p} \\ & & \ddots & \vdots \\ & & & s_p^2 \end{bmatrix} \quad (2.7)$$

2.2.2 Perbandingan K Populasi

Uji *One Way Multivariate Analysis of Variance* atau yang sering disebut dengan uji MANOVA satu arah adalah suatu uji yang digunakan untuk membandingkan dua populasi yang variabel-variabelnya multivariat (Johnson & Wichern, 2007). Salah satu asumsi pada analisis MANOVA adalah uji homogenitas varians kovarians.

a. Uji Homogenitas Varians Kovarians

Pemeriksaan multivariat normal menunjukkan hasil bahwa data telah berdistribusi multivariat normal, maka dilanjutkan dengan pengujian kehomogenan residual data menggunakan matriks varian kovarian antar *treatment*. Menurut Johnson dan Wichern (2007), pengujian ini dapat dilakukan dengan uji *Box's M* dengan hipotesis sebagai berikut.

Hipotesis :

H_0 : $\Sigma_1 = \Sigma_2 = \dots = \Sigma_g$ (Matriks varians kovarian perlakuan 1, perlakuan 2, sampai perlakuan ke- g sama)

H_1 : minimal ada satu $\Sigma_i \neq \Sigma_j$, dimana $i, j=1,2,\dots,g$

Statistik Uji :

$$C = (1 - u)M$$

$$C = (1 - u) \left\{ \left[\sum_{i=1}^g (n_i - 1) \right] \ln |S_{\text{pooled}}| - \sum_{i=1}^g [(n_i - 1) \ln |S_i|] \right\} \quad (2.8)$$

dimana,

$$S_{\text{pooled}} = \frac{\sum_{l=1}^g (n_l - 1) S_l}{\sum_{l=1}^g n_l - 1}, \quad l = 1, \dots, g \quad (2.9)$$

$$S_l = \frac{1}{n_l - 1} \sum_{t=1}^{n_l} (x_{lt} - \bar{x}_l)(x_{lt} - \bar{x}_l)' \quad (2.10)$$

$$u = \left[\sum_{l=1}^g \frac{1}{(n_l - 1)} - \frac{1}{\sum_{l=1}^g (n_l - 1)} \right] \left[\frac{2p^2 + 3p - 1}{6(p + 1)(g - 1)} \right] \quad (2.11)$$

Tolak H_0 pada nilai $C > \chi^2_{p(p+1)(g-1)/2; \alpha}$ dimana g merupakan banyaknya perlakuan, sedangkan p adalah banyaknya variabel (karakteristik kualitas).

b. Uji MANOVA

Struktur data yang dapat dianalisis dengan MANOVA dapat dilihat pada tabel 2.1.

Tabel 2.1 Struktur Data Pengamatan MANOVA

Grup	Pengamat n	Perlakuan			
		1	2	...	G
1	1	Y_{111}	Y_{112}	...	Y_{11g}
	\vdots	\vdots	\vdots	\vdots	\vdots
	l	Y_{l1l}	Y_{l12}	...	Y_{l1g}
\vdots	\vdots	\vdots	\vdots	\vdots	\vdots
p	1	Y_{p11}	Y_{p12}	...	Y_{p1g}
	\vdots	\vdots	\vdots	\vdots	\vdots
	l	Y_{pl1}	Y_{pl2}	...	Y_{plg}

Model MANOVA yang didapat dan perhitungan adalah sebagai berikut.

$$X_{ij} = \mu + \tau_l + e_{ij}, \text{ dimana } j = 1, 2, \dots, n_l \text{ dan } l = 1, 2, \dots, g \quad (2.12)$$

Hipotesis :

$$H_0 : \tau_1 = \tau_2 = \dots = \tau_g = 0$$

H_1 : Minimal ada satu perlakuan yang tidak sama dengan nol

Statistik uji yang digunakan adalah statistik uji Λ^* (*wilk's lamda*).

$$\Lambda^* = \frac{|W|}{|B + W|} = \frac{\left| \sum_{l=1}^g \sum_{j=1}^{n_l} (x_{ij} - \bar{x}_l)(x_{ij} - \bar{x}_l)' \right|}{\left| \sum_{l=1}^g \sum_{j=1}^{n_l} (x_{ij} - \bar{x})(x_{ij} - \bar{x})' \right|} \quad (2.13)$$

Tabel 2.2 Hasil MANOVA

Source of Variance	SS	Df
Treatment	$B = \sum_{l=1}^g n_l (\bar{x}_l - \bar{x})(\bar{x}_l - \bar{x})'$	g-1
Error	W	$\sum_{l=1}^g n_l - g$
Total	B+W	$\sum_{l=1}^g n_l - 1$

Daerah penolakan diperoleh keputusan tolak H_0 jika $F_{hitung} > F_{tabel}$ pada Tabel 2.3.

Tabel 2.3 Keputusan MANOVA

Grup	Perlakuan	F_{hitung}	F_{tabel}
p=1	$g \geq 2$	$\left(\frac{\sum n_i - g}{g - 1} \right) \left(\frac{1 - \Lambda^*}{\Lambda^*} \right)$	$F_{g-1, \sum n_i - g}$
p=2	$g \geq 2$	$\left(\frac{\sum n_i - g - 1}{g - 1} \right) \left(\frac{1 - \sqrt{\Lambda^*}}{\sqrt{\Lambda^*}} \right)$	$F_{2(g-1), 2(\sum n_i - g - 1)}$
$p \geq 1$	$g=2$	$\left(\frac{\sum n_i - p - 1}{p} \right) \left(\frac{1 - \Lambda^*}{\Lambda^*} \right)$	$F_{p, \sum n_i - p - 1}$
$p \geq 1$	$g=3$	$\left(\frac{\sum n_i - p - 2}{p} \right) \left(\frac{1 - \sqrt{\Lambda^*}}{\sqrt{\Lambda^*}} \right)$	$F_{2p, 2(\sum n_i - p - 2)}$

2.2.3 Peta Kendali *Generalized Variance*

Peta kendali *Generalized Variance* digunakan untuk mengontrol varians dari proses. Varians proses digambarkan dari matriks varians kovarian Σ berukuran $p \times p$ dimana elemen diagonal utama adalah varians, elemen yang lain adalah kovarian dari varians proses, dimana determinan dari sampel kovarian matriks secara luas digunakan untuk mengukur penyebaran multivariat. Aproksimasi asimtotik normal digunakan untuk mengembangkan Peta kendali untuk $|S|$, sehingga dalam menaksir *mean* dan varians dari $|S|$ adalah sebagai berikut (Montgomery, 2013).

$$E |S| = b_1 | \Sigma | \quad (2.14)$$

dan

$$\text{var}(|S|) = b_2 | \Sigma |^2 \quad (2.15)$$

dimana

$$b_1 = \frac{1}{(n-1)^p} \prod_{i=1}^p (n - i) \quad (2.16)$$

dan

$$b_2 = \frac{1}{(n-1)^{2p}} \prod_{i=1}^p (n - i) \left[\prod_{j=1}^p (n - j + 2) - \prod_{j=1}^p (n - j) \right] \quad (2.17)$$

Sehingga batas kendali atas dan bawah Peta kendali untuk $|S|$ adalah sebagai berikut.

$$\text{BKA} = \frac{|S|}{b_1} (b_1 + \sqrt{3b_2}) \quad (2.18)$$

$$\text{Garis tengah} = |\bar{S}| \quad (2.19)$$

$$\text{BKB} = \frac{|S|}{b_1} (b_1 - \sqrt{3b_2}) \quad (2.20)$$

BKB akan bernilai nol jika hasil perhitungan yang didapat bernilai negatif atau kurang dari nol.

2.2.4 Peta Kendali T^2 Hotelling

Peta kendali T^2 Hotelling adalah salah satu yang digunakan untuk mengontrol suatu proses produksi dan mengendalikan vektor rata-rata dari proses multivariat. Peta kendali T^2 Hotelling mempunyai dua jenis yaitu peta kendali T^2 Hotelling untuk data subgroup dan Peta kendali T^2 Hotelling untuk data individual. Peta kendali T^2 Hotelling individual digunakan apabila ukuran subgroup sampel (N) yang digunakan adalah satu ($n=1$) (Montgomery, 2013).

Misalkan $X=\{x_i\}$ adalah matriks acak berukuran m dan berdistribusi normal p -variat, dengan fungsi kepadatan normal multivariat dari X dinotasikan oleh $X_i \sim N_p(\mu, \Sigma)$ dengan $i=1,2,\dots, m$. Dengan matriks data sebagai berikut.

$$X = \begin{bmatrix} x_{11} & x_{12} & \cdots & x_{1p} \\ x_{21} & x_{22} & \cdots & x_{2p} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ x_{m1} & x_{m2} & \cdots & x_{mp} \end{bmatrix} \quad (2.21)$$

Dimana m menyatakan banyaknya sampel dan p menyatakan banyaknya karakteristik kualitas. Pada Peta kendali T^2

Hotelling individu, data yang dipakai akan dihitung vektor rata-rata dan matriks kovariannya dengan menggunakan perhitungan kovarians sebagai berikut.

$$S = \frac{1}{m-1} \sum_{i=1}^m (X_i - \bar{X}_j)(X_i - \bar{X}_j)' \quad (2.22)$$

Setelah menghitung nilai matriks kovarians, selanjutnya menghitung nilai statistik T^2 *Hotelling* individual dengan persamaan.

$$T_i^2 = (x_i - \bar{x}_j)' S^{-1} (x_i - \bar{x}_j), i = 1, 2, \dots, m; j = 1, 2, \dots, p \quad (2.23)$$

Sedangkan batas kendali Peta kendali T^2 *Hotelling* individu adalah sebagai berikut.

Pada phase I

$$BKA = \frac{p(m+1)^2}{m} \beta_{\alpha, \frac{p}{2}, \frac{(m-p-1)}{2}} \quad (2.24)$$

$$BKB = 0$$

Pada phase II

$$BKA = \frac{p(m+1)(m-1)}{m^2 - mp} f_{\alpha, p, (m-p)} \quad (2.25)$$

$$BKB = 0$$

dimana m adalah banyaknya pengamatan dan p adalah banyaknya karakteristik kualitas.

2.3 Indeks Kapabilitas Proses

Kapabilitas proses merupakan suatu pengukuran yang digunakan untuk mengevaluasi keseluruhan proses. Jika asumsi peta kendali dalam keadaan terkendali dan data berdistribusi multivariat normal telah terpenuhi, maka nilai indeks kapabilitas proses (C_p) multivariat berdasarkan Raissi

(2009), dapat dihitung menggunakan metode *weighting average*. Berikut adalah persamaan untuk menghitung MPCIs (indeks kapabilitas multivariat).

$$MC_p = \sum_{j=1}^p G_j \times Cp(x_j) \quad (2.26)$$

$$MC_{pk} = \sum_{j=1}^p G_j \times Cpk(x_j) \quad (2.27)$$

Dimana MP_p , MP_{pk} berturut-turut merupakan bentuk P_p , P_{PK} dalam keadaan multivariat dengan G_j merupakan pembobot berdasarkan kepentingan dengan $\sum_{j=1}^p G_j = 1$.

Dengan persamaan indeks kapabilitas secara univariat menurut Montgomery (2013) adalah sebagai berikut.

$$C_p = \frac{BSA - BSB}{6\sigma} \quad (2.28)$$

$$C_{PK} = \min(C_{pu}, C_{pl}) \quad (2.29)$$

$$C_{pu} = \frac{BSA - \mu}{3\sigma} \quad (2.30)$$

$$C_{pl} = \frac{\mu - BSB}{3\sigma} \quad (2.31)$$

dimana BSA adalah batas spesifikasi atas, sedangkan BSB adalah batas spesifikasi bawah. Umumnya, jika nilai $C_p \geq C_{PK}$ maka proses berpusat pada target dari spesifikasi, dan ketika C_p lebih dari C_{PK} maka proses berada diluar pusat.

Indeks kapabilitas yang disarankan oleh *Automotive Industry Action Group* (AIAG) untuk proses dalam keadaan *in control* adalah C_p dan C_{PK} sedangkan untuk proses yang tidak dalam keadaan *in control*, lebih baik digunakan in

performance process P_p dan P_{PK} . Hal ini dikarenakan ketika proses dalam kondisi *out of control*, nilai varians tidak dapat ditaksir dari nilai sampel. Perhitungan indeks P_p dan P_{PK} untuk data univariat adalah sebagai berikut.

$$P_p = \frac{BSA - BSB}{6 \hat{\sigma}_{overall}} \quad (2.32)$$

$$P_{PK} = \min \left\{ \frac{BSA - \bar{x}}{3 \hat{\sigma}_{overall}}, \frac{\bar{x} - BSB}{3 \hat{\sigma}_{overall}} \right\} \quad (2.33)$$

Sehubungan dengan adanya dua karakteristik kualitas yang digunakan dalam penelitian ini, maka indeks *performance process* secara multivariat cocok digunakan terutama dengan mempertimbangkan pembobot dari masing-masing karakteristik kualitas, dapat dihitung dengan menggunakan persamaan sebagai berikut (Raissi, 2009).

$$MP_p = \sum_{j=1}^p G_j \times Pp(x_j) \quad (2.34)$$

$$MP_{pk} = \sum_{j=1}^p G_j \times Ppk(x_j) \quad (2.35)$$

Indeks kapabilitas proses dilihat dari nilai C_p yang diperoleh dengan keterangan sebagai berikut (Kotz & Johnson, 1993).

- Jika $C_p = 1$ maka proses dalam keadaan cukup baik
- Jika $C_p > 1$ maka proses dalam keadaan baik (presisi baik)
- Jika $C_p < 1$ maka sebaran data pengamatan berada diluar batas spesifikasi

2.4 Diagram Ishikawa

Diagram *Ishikawa* atau diagram sebab akibat merupakan salah satu alat yang digunakan untuk mengidentifikasi cacat, kesalahan atau masalah yang nantinya akan ditindak lanjuti dengan mencari

penyebab dari permasalahan tersebut. Tahapan dalam pembuatan Peta sebab akibat adalah sebagai berikut (Montgomery, 2013).

1. Mengidentifikasi masalah atau efek untuk dianalisis.
2. Membentuk tim untuk menganalisis, seringkali tim akan mengungkap penyebab potensial dengan melakukan *brainstorming*.
3. Gambarkan kotak untuk efek dan garis tengah.
4. Menentukan potensi besar menyebabkan kategori dan menggabungkan potensi tersebut sebagai kotak efek ke garis tengah.
5. Mengidentifikasi kemungkinan penyebab dan mengklasifikasikan kemungkinan penyebab kedalam kategori di langkah 4. Buat kategori baru jika diperlukan.
6. Urutkan penyebab untuk mengidentifikasi penyebab-penyebab yang tampaknya paling mungkin untuk mempengaruhi masalah.
7. Mengambil tindakan korektif.

Untuk menganalisis masalah utama, maka terpilih kategori utama adalah mesin, material, metode, tenaga kerja, pengukuran dan lingkungan. Detail dari Peta sebab akibat bias digunakan sebagai bantuan pemecahan masalah yang efektif. Selanjutnya, bagan dari Peta sebab akibat digunakan sebagai pengalaman tim yang cenderung untuk mendapatkan akar permasalahan akibat masalah yang ditimbulkan.

2.5 Proses Produksi Gula

Proses produksi gula kristal putih di pabrik-pabrik gula PT Perkebunan Nusantara X mempergunakan proses defekasi-sulfitasi dengan bahan baku tebu. Secara garis besar, proses produksinya dapat dibagi menjadi enam unit adalah sebagai berikut (PTPN X, 2017).

1. Stasiun Gilingan

Proses di Stasiun Gilingan dapat dibedakan menjadi dua yaitu proses pendahuluan dan ekstraksi tebu. Tebu yang masih berupa lonjoran dipotong-potong dan dicacah pada alat pendahuluan hingga menjadi serabut yang berukuran sekitar 5 cm.

Kemudian serabut-serabut tebu ini diekstraksi menggunakan gilingan hingga nira yang ada dalam batang tebu terperas. Untuk meningkatkan efisiensi pemerahan, ditambahkan air imbibisi. Nira yang dihasilkan masih mengandung banyak pengotor, disebut nira mentah, dan akan diproses selanjutnya di Stasiun Pemurnian, sedangkan ampas yang dihasilkan akan digunakan sebagai bahan bakar Boiler.

2. Stasiun Pemurnian

Zat-zat bukan gula yang terdapat dalam nira dipisahkan dengan mengendalikan suhu, pH, dan waktu tinggal di tiap peralatan agar sukrosa yang terkandung dalam nira tidak terinversi. Sebagian besar zat-zat bukan gula tersebut akan terpisahkan sebagai blotong dan nira yang dihasilkan disebut nira jernih.

3. Stasiun Penguapan

Nira jernih masih memiliki kadar air tinggi. Untuk mengefisienkan pemakaian uap pada proses kristalisasi nantinya, air dalam nira diuapkan hingga nira mencapai 30 – 32 derajat Celcius. Proses penguapan ini dilakukan secara hampa udara.

4. Stasiun Masakan

Nira kental yang dihasilkan diuapkan lebih lanjut hingga terbentuk kristal gula. Proses kristalisasi ini juga dilaksanakan dalam kondisi hampa udara. Untuk mencapai ukuran kristal yang diinginkan, proses masakan dibagi dalam beberapa tahap. Hasil akhir Stasiun Masakan adalah *massecuite*, yaitu kristal gula yang masih mengandung lapisan-lapisan strup disekelilingnya.

5. Stasiun Puteran

Kristal gula dalam *massecuite* dipisahkan dari strup dengan memanfaatkan gaya sentrifugal. Proses sentrifugasi ini juga dilakukan dalam beberapa tahap, tergantung jenis *massecuite* yang diputar.

6. Stasiun Penyelesaian

Gula yang dihasilkan Stasiun Puteran masih mengandung kadar air yang cukup tinggi, oleh karena itu gula dikeringkan dan didinginkan dengan menggunakan Sugar Drier and Cooler (SDC) hingga diperoleh gula dengan kadar air dan suhu yang diharapkan.

Halaman ini sengaja dikosongkan

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Variabel Penelitian

Pabrik Gula Tjoekir Jombang mengukur mutu produk gula yang dihasilkan yaitu berdasarkan SNI Gula Kristal Putih tahun 2010 ada 4 variabel, yaitu.

1. Besar jenis butir (Y_1)

Besar jenis butir merupakan berat dari setiap butir gula kristal putih dengan satuan mm. Batas spesifikasi bawah sebesar 0,8 mm dan batas spesifikasi atas 1,2 mm.

2. Warna larutan (Y_2)

Suatu parameter nilai kemurnian yang berkaitan dengan kejernihan larutan gula yang diukur berdasarkan standar internasional dalam international unit (IU) dengan satuan IU. Batas spesifikasi bawah sebesar 201 IU dan batas spesifikasi atas sebesar 300 IU.

3. Polarisasi (Y_3)

Suatu nilai kadar sakrosa dalam polarimeter dari suatu larutan yang ditentukan dengan metode polarisasi tunggal. Polarisasi merupakan pembelokan cahaya dari gula kristal putih yang selanjutnya dihitung indeks biasanya dengan satuan Z dan batas spesifikasi adalah minimum 99,5 Z.

4. Susut Pengeringan (Y_4)

Susut pengeringan merupakan pengukuran yang dilakukan untuk mengetahui kadar dari bagian suatu zat yang menguap dengan satuan persentase (%). Batas spesifikasi untuk susut pengeringan adalah maksimal 10%.

Hubungan dari keempat variabel tersebut adalah semakin tinggi polarisasi maka kandungan air sedikit, warna larutan cenderung lebih jernih dan berat jenis butirnya kecil begitu pun sebaliknya. Secara ringkas variabel penelitian dapat dilihat pada Tabel 3.1.

Tabel 3.1 Variabel Penelitian

Simbol	Variabel	Satuan	Spesifikasi	Sumber
Y_1	Berat Jenis Butir	mm	0.8-1.2	SNI, 2010
Y_2	Warna Larutan	IU	201-300	
Y_3	Polarisasi	“Z”	Minimum 99.5	
Y_4	Susut Pengerinan	%	Maksimum 10%	

Sumber data yang digunakan dalam penelitian adalah data sekunder. Surat ijin penelitian dan keaslian data terlampir pada Lampiran 8 dan Lampiran 9. Data diperoleh dari bagian *quality control* Pabrik Gula Tjoekir Jombang yang terletak di Jl. Cukir 22 Kecamatan Diwek Kabupaten Jombang. Data yang digunakan adalah periode proses giling tahun 2016 pada tanggal 1 Juni-30 Juni digunakan sebagai phase I yang diperoleh 81 pengamatan dan pada tanggal 1 Juli-31 Juli digunakan sebagai phase II yang diperoleh 66 pengamatan. Setiap harinya dilakukan pengambilan sampel sebanyak 3, yaitu shift I (pukul 06.00-14.00), shift II (pukul 14.00-22.00) dan shift III (pukul 22.00-06.00). Berikut adalah struktur data yang digunakan dalam penelitian ini.

Tabel 3.2 Struktur Data

Subgrup (i)	Pengamatan (j)	Variabel Kualitas (p)			
		Besar Jenis Butir (Y_1)	Warna Larutan (Y_2)	Polarisasi (Y_3)	Susut Pengerinan (Y_4)
1	X_1	$Y_{1;1;1}$	$Y_{1;1;2}$	$Y_{1;1;3}$	$Y_{1;1;5}$
	X_2	$Y_{1;2;1}$	$Y_{1;2;2}$	$Y_{1;2;3}$	$Y_{1;2;5}$
	X_3	$Y_{1;3;1}$	$Y_{1;3;2}$	$Y_{1;3;3}$	$Y_{1;3;5}$
\vdots	\vdots	\vdots	\vdots	\vdots	\vdots
m	X_1	$Y_{m;1;1}$	$Y_{m;1;2}$	$Y_{m;1;3}$	$Y_{m;1;5}$
	X_2	$Y_{m;2;1}$	$Y_{m;2;2}$	$Y_{m;2;3}$	$Y_{m;2;5}$
	X_3	$Y_{m;3;1}$	$Y_{m;3;2}$	$Y_{m;3;3}$	$Y_{m;3;5}$

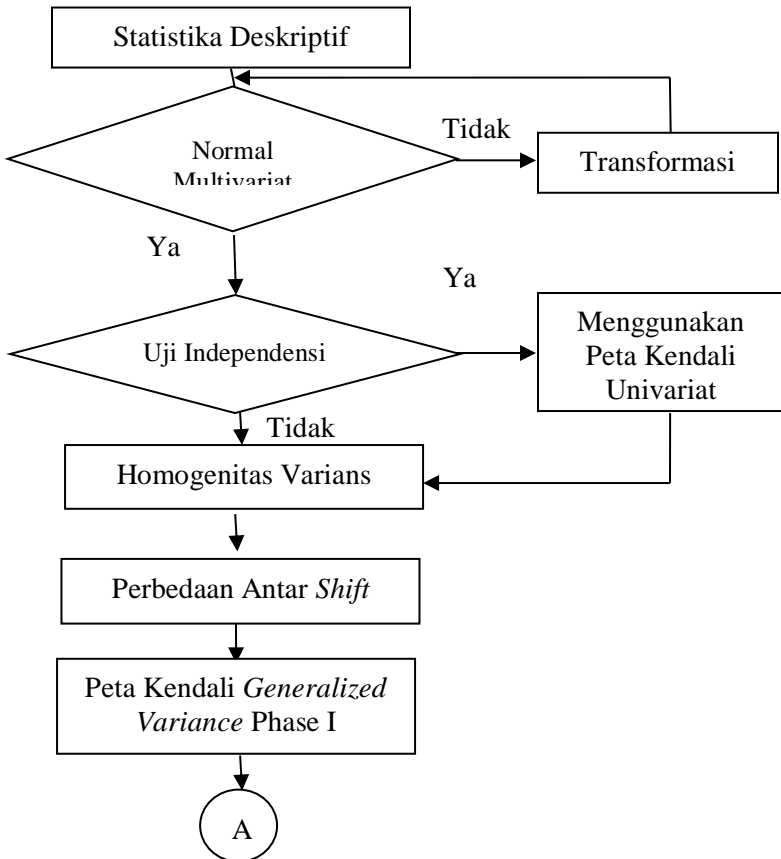
Analisis yang digunakan adalah analisis multivariat karena pada keempat variabel tersebut memiliki hubungan atau saling berkorelasi. Sedangkan untuk indeks kapabilitas multivariat menggunakan indeks kapabilitas secara univariat dan kemudian untuk menghitung indeks kapabilitas multivariat dikalikan dengan pembobot. Pembobot yang digunakan untuk karakteristik kualitas berat jenis butir dan susut pengeringan menggunakan 0,3 karena pada karakteristik kualitas tersebut bisa dilakukan secara visual tanpa perlu melakukan pengujian dan berdasarkan data pada karakteristik kualitas tersebut lebih banyak pengamatan yang sesuai, sedangkan pada karakteristik kualitas warna larutan dan polarisasi menggunakan pembobot 0,2 karena pada karakteristik kualitas tersebut perlu dilakukan pengujian lab dan berdasarkan data banyak pengamatan yang tidak sesuai.

3.2 Langkah Analisis

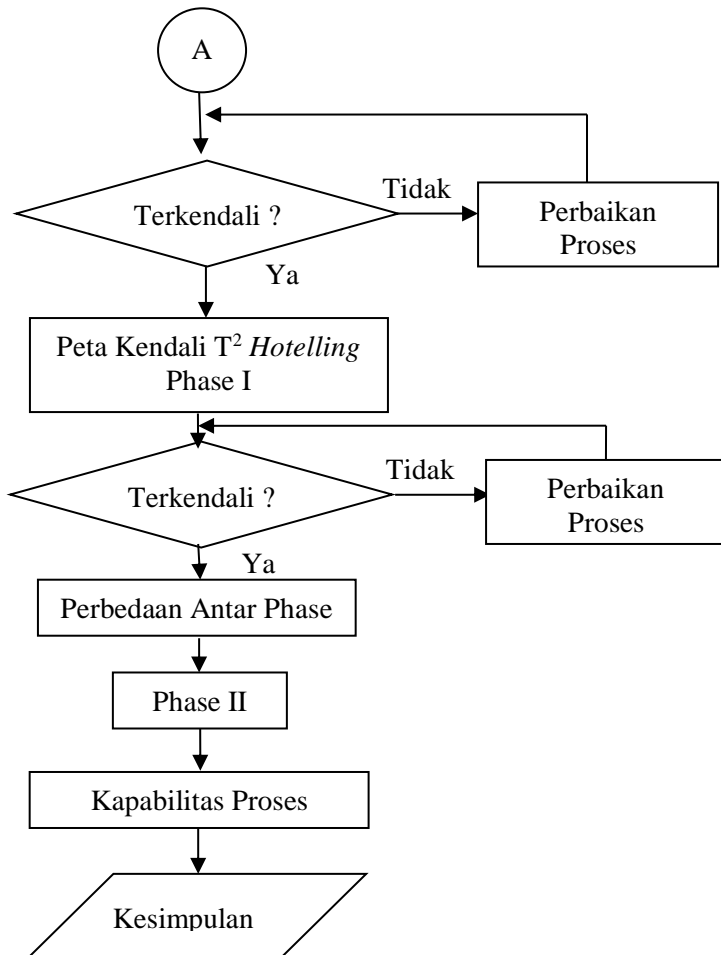
Langkah analisis yang digunakan dalam penelitian Pengendalian Kualitas Mutu di Pabrik Gula Tjoekir Jombang adalah sebagai berikut.

1. Mendeskripsikan data pengendalian kualitas mutu dengan statistika deskriptif.
2. Melakukan pemeriksaan asumsi yaitu uji independensi antar variabel pengamatan untuk melihat korelasi antar karakteristik kualitas menggunakan uji *Bartlett's*. Jika diperoleh hasil independen maka dilanjutkan menggunakan peta kendali univariat.
3. Melakukan pemeriksaan asumsi distribusi normal multivariat pada data pengendalian mutu dengan menggunakan proporsi nilai jarak (d_j^2) . Jika proporsi tidak memenuhi distribusi normal maka dilakukan transformasi.
4. Melakukan pengujian homogenitas matriks varian kovarian pada data pengendalian mutu menggunakan uji *BOX's M*.
5. Menganalisis pergeseran antar *shift* dengan menggunakan pengujian MANOVA satu arah.
6. Mengidentifikasi pengendalian kualitas mutu pada phase I.

7. Mengidentifikasi pengendalian kualitas mutu pada phase II.
 8. Menganalisis pergeseran antar phase dengan menggunakan pengujian MANOVA satu arah.
 9. Menghitung indeks kapabilitas proses secara multiv setelah prosesnya sudah terkendali secara statistik.
 10. Membuat kesimpulan dan saran.
- Secara skematik langkah analisis dapat dilihat pada Gambar 3.1.



Gambar 3.1 Diagram Alir



Gambar 3.1 Diagram Alir (Lanjutan)

Halaman ini sengaja dikosongkan

BAB IV

ANALISIS DAN PEMBAHASAN

4.1 Karakteristik Mutu Produksi PG Tjoekir Tahun 2016

Karakteristik data yang dianalisis adalah pengendalian mutu gula tahun 2016 di Pabrik Gula Tjoekir Jombang dengan menggunakan 4 karakteristik kualitas yaitu berat jenis butir, warna larutan, polarisasi dan susut pengeringan. Hasil analisis karakteristik data pengendalian mutu pada phase I dan phase II dengan menggunakan data pada Lampiran 1 dan Lampiran 2 adalah sebagai berikut.

Tabel 4.1 Karakteristik Data Pengendalian Mutu PG Tjoekir

Bulan	Variabel	Rata-rata	Min.	Maks.	Spesifikasi	Target
Juni	Berat Jenis Butir	0,8852	0,00	1,2	0,8-1,2 mm	1,0 mm
	Warna Larutan	185,66	0,00	337	201-300 IU	251 IU
	Polarisasi	98,11	0,00	99,87	Minimum 99,5 Z	99,5 Z
	Susut Pengeringan	0,04494	0,00	0,10	Maksimal 10 %	5%
Juli	Berat Jenis Butir	0,8036	0,00	1,07	0,8-1,2 mm	1,0 mm
	Warna Larutan	163,91	0,00	275	201-300 IU	251 IU
	Polarisasi	98,14	0,00	99,79	Minimum 99,5 Z	99,5 Z
	Susut Pengeringan	0,02348	0,00	0,07	Maksimal 10 %	5%

Tabel 4.1 menunjukkan hasil karakteristik data pengendalian mutu produk gula di PG Tjoekir Jombang rata-rata pada karakteristik kualitas berat jenis butir sebesar 0,803 mm jika dibandingkan dengan Bulan Juni yaitu 0,885 mm rata-rata tersebut memiliki penurunan dan nilai tersebut berada diantara batas spesifikasi yang ditentukan oleh PG Tjoekir diantara batas spesifikasi yaitu 0,8 mm sampai 1,2 mm. Karakteristik kedua yang diamati adalah warna larutan yang memiliki rata-rata 163,91 IU

yang lebih rendah dari Bulan Juni dengan rata-rata 185,66 IU akan tetapi meskipun phase I memiliki nilai yang lebih tinggi, keduanya memiliki nilai yang berada dibawah batas spesifikasi yang ditentukan yaitu antara 201 IU sampai 300 IU. Karakteristik kualitas ketiga adalah polarisasi Bulan Juli memiliki nilai rata-rata sebesar 98,14 Z diatas Bulan Juni sebesar 98,11 Z akan tetapi sama-sama memiliki nilai yang kurang dari batas spesifikasi yang ditentukan yaitu minimum 99,5Z. Susut pengeringan adalah karakteristik kualitas keempat yang diamati pada Bulan Juli memiliki rata-rata sebesar 2,348% sedangkan pada Bulan Juni memiliki rata-rata sebesar 4,494% keduanya sudah berada diantara batas spesifikasi yang sudah ditentukan maksimal 10%. Nilai minimum nol disebabkan karena pada saat itu proses produksi sedang berhenti jika dilakukan tanpa nilai tersebut maka karakteristik data didapat pada Tabel 4.2.

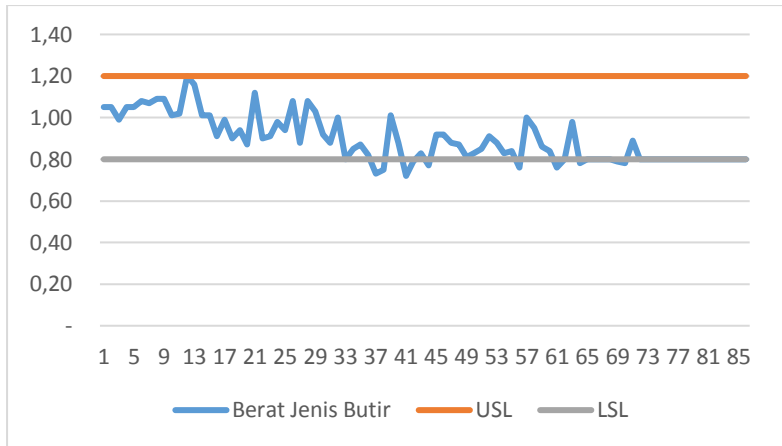
Tabel 4.2 Karakteristik Data Pengendalian Mutu PG Tjoekir Tanpa Data Nol

Bulan	Variabel	Rata-rata	Min.	Maks.	Spesifikasi	Target
Juni	Berat Jenis Butir	0,8955	0,72	1,2	0,8-1,2 mm	1,0 mm
	Warna Larutan	187,81	94	337	201-300 IU	251 IU
	Polarisasi	99,256	98	99,87	Minimum 99,5 Z	99,5 Z
	Susut Pengeringan	0,0455	0,01	0,10	Maksimal 10 %	5%
Juli	Berat Jenis Butir	0,816	0,69	1,07	0,8-1,2 mm	1,0 mm
	Warna Larutan	166,43	95	275	201-300 IU	251 IU
	Polarisasi	99,65	99,39	99,79	Minimum 99,5 Z	99,5 Z
	Susut Pengeringan	0,02385	0,01	0,07	Maksimal 10 %	5%

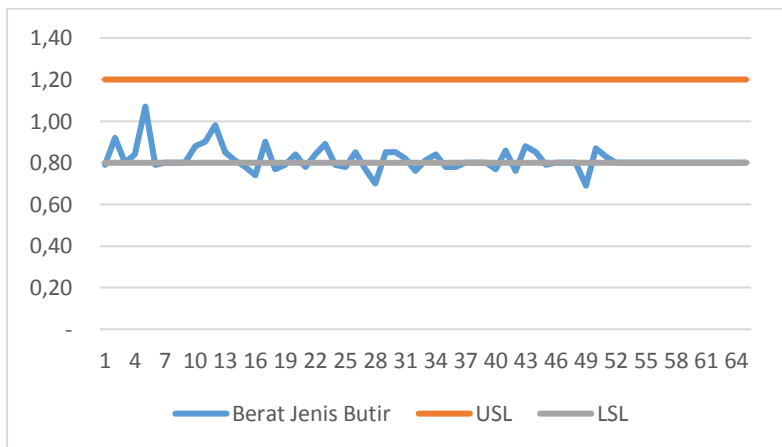
Tabel 4.2 menunjukkan hasil karakteristik data pengendalian mutu produk gula di PG Tjoekir Jombang tanpa menggunakan data yang bernilai nol didapat bahwa pada

karakteristik kualitas berat jenis butir, warna larutan dan polarisasi memiliki nilai minimum yang kurang dari batas spesifikasi berarti masih terdapat produk yang tidak sesuai dengan batas spesifikasi yang ditentukan. Sedangkan pada karakteristik susut pengeringan sudah sesuai dengan batas spesifikasi yang ditentukan. Hasil karakteristik data pada Bulan Juli pada karakteristik kualitas berat jenis butir, warna larutan dan polarisasi belum sesuai, sama halnya dengan Bulan Juni pada Bulan Juli karakteristik susut pengeringan memiliki nilai minimum sudah berada diantara batas spesifikasi yang sudah ditentukan. Berdasarkan hasil tersebut berarti masih terdapat gula yang belum sesuai dengan batas spesifikasi yang ditentukan. Selain melihat karakteristik data secara statistika deskriptif, selanjutnya dapat dilihat dengan diagram garis. Berikut adalah masing-masing diagram garis dari setiap karakteristik kualitas yaitu berat jenis butir, warna larutan, polarisasi dan susut pengeringan menggunakan data Bulan Juni dan Bulan Juli pada Lampiran 1 dan Lampiran 2 tanpa menggunakan data dengan nilai nol.

Gambar 4.1 (a) merupakan diagram garis berat jenis butir pada Bulan Juni sedangkan Gambar 4.1 (b) merupakan diagram garis berat jenis butir pada Bulan Juli. Gambar 4.1 menunjukkan bahwa garis yang vertikal berwarna merah adalah batas spesifikasi sedangkan garis vertikal yang berwarna abu-abu adalah batas spesifikasi bawah yang ditentukan PG Tjoekir Jombang. Berdasarkan gambar tersebut dapat diperoleh informasi bahwa terdapat beberapa pengamatan yang berada diluar batas spesifikasi bawah berarti masih banyak pengamatan yang belum sesuai. Berikut adalah Diagram garis untuk karakteristik kualitas warna larutan.



(a)

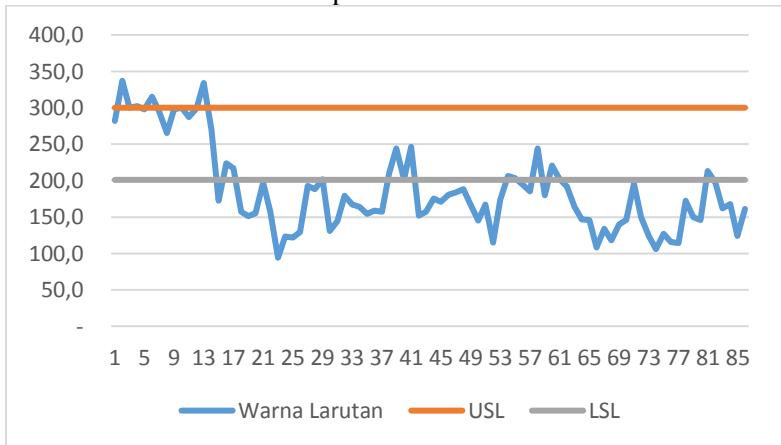


(b)

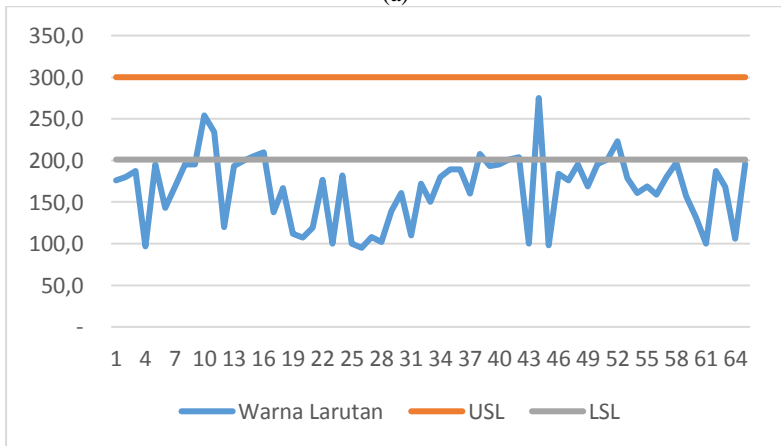
Gambar 4.1 (a) Diagram Garis Berat Jenis Butir Bulan Juni (b) Diagram Garis Berat Jenis Butir Bulan Juli

Gambar 4.2 menunjukkan bahwa terdapat banyak pengamatan yang berada diluar batas spesifikasi atas yaitu 300 maupun batas spesifikasi bawah yaitu 201 berarti masih banyak

pengamatan yang belum sesuai. Selanjutnya adalah diagram garis untuk karakteristik kualitas polarisasi.



(a)

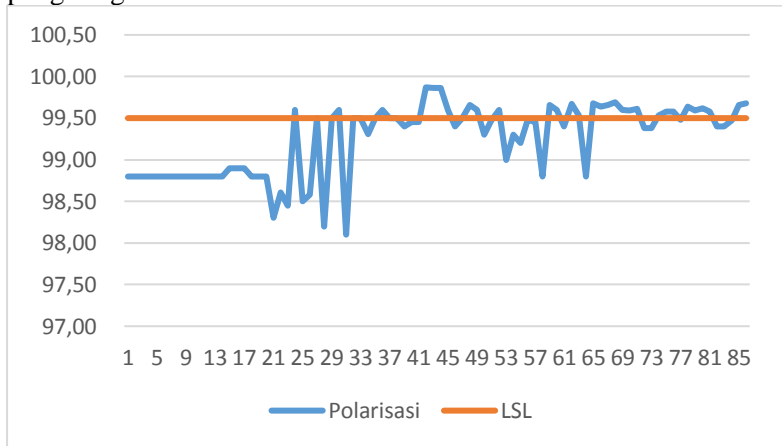


(b)

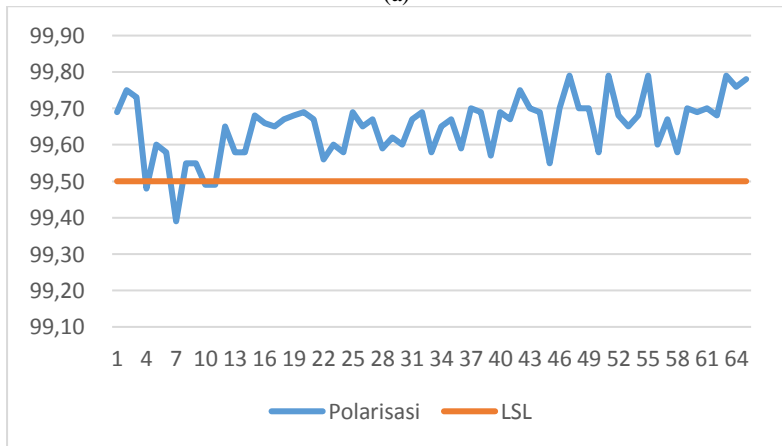
Gambar 4.2 (a) Diagram Garis Warna Larutan Bulan Juni (b) Diagram GarisWarna Larutan Bulan Juli

Gambar 4.3 menunjukkan bahwa terdapat beberapa pengamatan yang berada diluar yang ditentukan yaitu minimal 99,5 berarti masih banyak pengamatan yang belum sesuai. Selanjutnya

adalah diagram garis untuk karakteristik kualitas susut pengeringan.



(a)

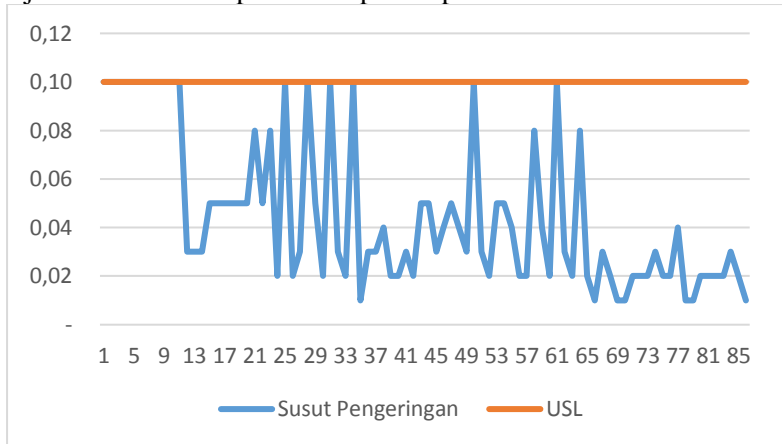


(b)

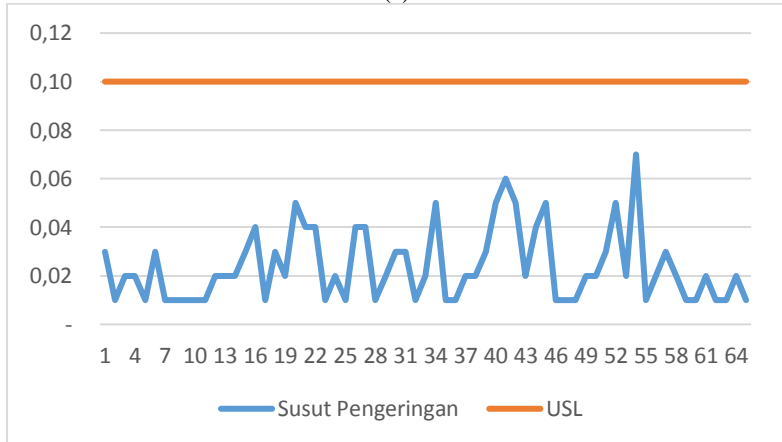
Gambar 4.3 (a) Diagram Garis Polarisasi Bulan Juni (b) Diagram Garis Polarisasi Bulan Juli

Gambar 4.4 menunjukkan bahwa kedua phase baik Bulan Juni maupun Bulan Juli memiliki pengamatan yang berada pada batas spesifikasi yang ditentukan yaitu maksimal 0,1. Berdasarkan

keempat Peta garis diatas masih banyak pengamatan yang belum sesuai dengan batas spesifikasi yang ditentukan akan tetapi pada variabel susut pengeringan sudah sesuai, maka sebaiknya PG Tjoekir melakukan perbaikan proses produksi.



(a)



(b)

Gambar 4.4 (a) Diagram Garis Susut Pengerinan Bulan Juni (b) Diagram Garis Susut Pengerinan Bulan Juli

4.2 Pemeriksaan Asumsi Multivariat Mutu PG Tjoekir Tahun 2016

Sebelum membuat peta kendali dan menguji pergeseran proses pemeriksaan asumsi yang diperlukan dalam penelitian ini adalah pengujian distribusi normal multivariat, uji dependensi dan kehomogenan varian kovarian pada data Lampiran 1 dan 2 pengendalian mutu di Pabrik Gula Tjoekir Jombang. Hasil pemeriksaan asumsi adalah sebagai berikut.

4.2.1 Uji Independensi Mutu PG Tjoekir

Setelah data memenuhi asumsi distribusi normal selanjutnya akan dianalisis apakah data memenuhi asumsi independensi. Berikut adalah hasil pengujiannya dengan menggunakan uji *Bartlett's* dengan menggunakan data pada Lampiran 1 dan Lampiran 2.

$H_0 : \rho = I$ (Variabel-variabel tidak berkorelasi atau saling Independen)

$H_1 : \rho \neq I$ (Variabel-variabel berkorelasi atau saling Dependen)

Daerah penolakan dari hipotesis tersebut adalah $\chi^2_{hitung} > \chi^2_{\alpha, df}$ dengan taraf signifikan α (0.05) dan derajat bebas 6. Uji independensi menggunakan uji *Bartlett's* berdasarkan Lampiran 4A hasil *output* diperoleh $\chi^2_{hitung} = 218,457$ dengan derajat bebas 6 diperoleh $\chi^2_{0,05;6} = 11,596$ yang berarti $\chi^2_{hitung} > \chi^2_{\alpha, df}$ dan P-value sebesar 0,000 yang kurang dari 0,05, maka diperoleh keputusan tolak H_0 . Artinya variabel karakteristik kualitas pada pengendalian mutu berkorelasi atau saling dependen.

4.2.2 Pemeriksaan Asumsi Distribusi Normal Multivariat Mutu PG Tjoekir

Sebelum melakukan analisis peta kendali terlebih dahulu yang harus dipenuhi adalah asumsi normal multivariat. Berikut adalah hasil pengujian menggunakan data pada Lampiran 1 dan Lampiran 2.

H_0 : Data karakteristik kualitas mutu di Pabrik Gula Tjoekir memenuhi asumsi normal multivariat

H_1 : Data karakteristik kualitas mutu di Pabrik Gula Tjoekir tidak memenuhi asumsi normal multivariat

Menggunakan statistik uji d_j^2 dengan keputusan tolak H_0

jika proporsi jarak $d_j^2 < \chi_{(4,0.05)}^2$ disekitar 50%. Menggunakan

syntax seperti yang terlampir pada lampiran 3A diperoleh hasil d_j^2

Bulan Juni (Phase I) seperti yang tercantum pada lampiran 3B diperoleh proporsi sebesar 66,67% yang jauh berada disekitar 50%, maka diperoleh keputusan tolak H_0 . Artinya, data karakteristik pengendalian mutu pada Bulan Juni PG Tjoekir Jombang tidak memenuhi asumsi normal multivariat. Karena data tidak memenuhi asumsi normal maka dilakukan transformasi. Transformasi dengan menggunakan deteksi *outlier* pada *boxplot* dengan 3 kali transformasi yang terlampir pada Lampiran 3C, Lampiran 3E dan Lampiran 3G sehingga diperoleh data pada Lampiran 3L, setelah dianalisis maka nilai d_j^2 terlampir pada Lampiran 3H dan diperoleh proporsi sebesar 57,14% dimana proporsi tersebut telah berada diantara 50% maka diperoleh keputusan gagal tolak H_0 . Artinya data Bulan Juni sudah memenuhi asumsi distribusi normal multivariat. Selanjutnya dilakukan pengujian distribusi normal multivariat pada Bulan Juli (Phase II), dengan menggunakan hipotesis dan statistik uji yang sama pada Bulan Juni diperoleh hasil d_j^2 seperti yang tercantum pada Lampiran 3I diperoleh proporsi sebesar 63,64% dimana nilai tersebut berada jauh dari 50%. Karena proporsi berada jauh maka perlu dilakukan transformasi dengan menggunakan metode yang sama pada *boxplot* yang terlampir pada Lampiran 3J dan diperoleh data pada Lampiran 3M diperoleh proporsi sebesar 45,83% dimana nilai tersebut berada disekitar 50% diperoleh keputusan keputusan gagal tolak H_0 . Artinya data Bulan Juli sudah memenuhi asumsi

distribusi normal multivariat. Analisis selanjutnya akan menggunakan data pada Lampiran 3L dan Lampiran 3M.

4.2.3 Analisis Homogenitas Varians Kovarian Mutu PG Tjoekir

Setelah diperoleh bahwa data sudah berdistribusi normal asumsi yang harus dipenuhi selanjutnya adalah homogenitas varians kovarian menggunakan uji Box's M. Adapun hasil pengujian varian kovarian dengan menggunakan data pada Lampiran 3H dan Lampiran 3I adalah sebagai berikut.

$H_0 : \Sigma_1 = \Sigma_2 = \Sigma_3$ (Matriks varians kovarians antar *shift* kerja 1, 2 dan 3 sama)

$H_1 : \text{Minimal ada satu varians kovarians } \textit{shift} \text{ kerja } \Sigma_i \neq \Sigma_j \text{ untuk } i \neq j$

Daerah penolakan dari hipotesis tersebut adalah jika χ^2_{hitung} lebih dari $\chi^2_{0.05; 20}$ atau P-value kurang dari α dengan ditetapkan α sebesar 5%. Berdasarkan *output* pada Lampiran 4B diperoleh nilai $\chi^2_{hitung} / \text{Box's M}$ sebesar 15,164 dengan dengan df 20 serta P-value sebesar 0,823. Karena χ^2_{hitung} sebesar 15,164 kurang dari $\chi^2_{0.05; 20}$ sebesar 31,4104 dan nilai P-value sebesar 0,829 lebih besar dari α sebesar 5% sehingga dapat keputusan gagal tolak H_0 . Artinya matriks varians kovarians *shift* kerja sama atau homogen. Selanjutnya dilakukan uji homogenitas varians kovarians antar phase menggunakan Lampiran 3H dan Lampiran 3I adalah sebagai berikut.

$H_0 : \Sigma_1 = \Sigma_2$ (Varians kovarians antas phase kerja 1 dan 2 sama)

$H_1 : \text{Minimal ada satu Varians kovarians antas phase kerja } \Sigma_i \neq \Sigma_j \text{ untuk } i \neq j$

Berdasarkan *output* pada Lampiran 4C χ^2_{hitung} diperoleh nilai sebesar 75,902 dengan derajat bebas 10 serta P-value sebesar

0,000. Karena χ^2_{hitung} sebesar 75,902 lebih dari $\chi^2_{0,05;10}$ sebesar 18,307 dan nilai *P-value* sebesar 0,000 lebih kecil dari α sebesar 5% sehingga dapat keputusan tolak H_0 . Artinya minimal ada satu matriks varians kovarians phase kerja tidak sama atau heterogen.

4.3 Perbandingan Antar *Shift* Data Mutu PG Tjoekir Jombang

Data kualitas mutu produk gula terbagi menjadi 4 karakteristik kualitas yaitu berat jenis butir, warna larutan, polarisasi, dan susut pengeringan. Pelaksanaan produksi dibagi menjadi 3 *shift* kerja, untuk mengetahui apakah terdapat perbedaan antar *shift* kerja maka dilakukan pengujian MANOVA. Berikut adalah hasil pengujian tersebut.

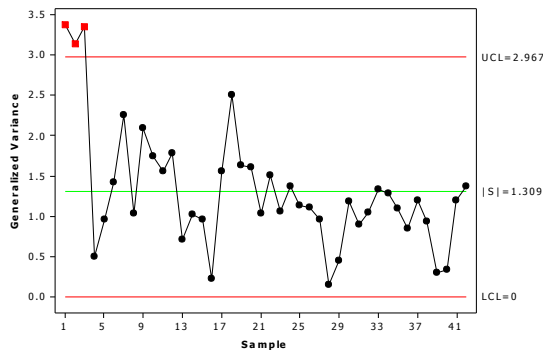
$H_0 : \tau_1 = \tau_2 = \tau_3 = 0$ (Efek yang diberikan pada *shift* 1, 2 dan 3 sama)

$H_1 : \text{Minimal ada satu } \tau_i \neq 0, i = 1, 2, 3$

Daerah penolakan untuk hipotesis tersebut adalah Uji *Wilks's Lambda* (Λ^*) lebih dari $F_{0,05;3-1;117-3}$ atau *P-value* kurang dari α (0,05). Berdasarkan hasil *output* pada Lampiran 5A diperoleh Λ^* sebesar 0,925 dan *P-value* 0,572. Berdasarkan perhitungan F_{hitung} diperoleh 0,844. Karena F_{hitung} sebesar 0,844 kurang dari $F_{0,05;8;178}$ sebesar 1,9907 dan *P-value* lebih dari α maka diperoleh keputusan gagal tolak H_0 . Artinya, *shift* kerja tidak memberikan perbedaan terhadap hasil produksi.

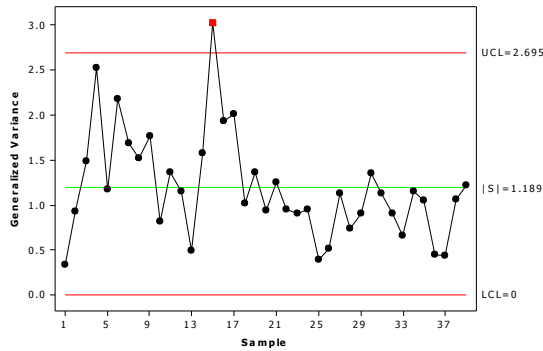
4.4 Analisis Kapabilitas Mutu Gula Pada Phase I

Setelah memenuhi kedua asumsi yaitu asumsi distribusi normal multivariat dan independensi, langkah selanjutnya adalah menganalisis pengendalian varians proses menggunakan peta kendali *Generalized Variance*. Berikut adalah hasil analisis dari mutu gula berdasarkan varians proses pada Bulan Juni dan Juli dengan data pada Lampiran 3H.



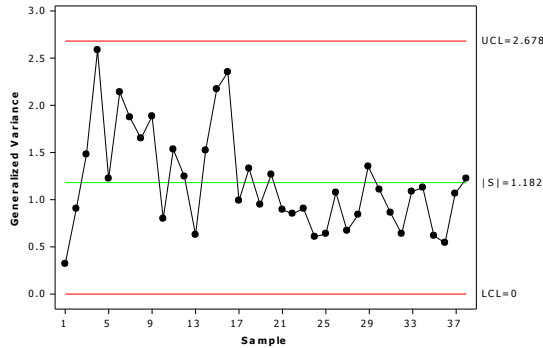
Gambar 4.5 Peta Kendali *Generalized Variance* Bulan Juni

Gambar 4.5 menunjukkan bahwa angka 1, 8, 15, dst adalah banyaknya pengamatan, sedangkan nilai secara vertikal merupakan nilai plot *Generalized Variance*. Nilai UCL merupakan nilai batas kendali atas dari plot peta kendali. Peta kendali *Generalized Variance* Bulan Juni menggunakan jumlah observasi sebanyak 42 pengamatan. Berdasarkan gambar 4.5 diperoleh batas kendali atas sebesar 2,967 dan nilai batas kendali bawah sebesar 0, pada peta kendali plot-plot pengamatan terdapat plot yang berada diatas batas kendali atas yang berarti terdapat data yang *out of control* yaitu pada pengamatan ke-1 (7 Juni 2016, *shift* 1), ke-2 (7 Juni 2016, *shift* 2) dan ke-3 (7 Juni 2016, *shift* 3). Hal tersebut dapat dikatakan bahwa varians proses mutu gula tidak terkendali secara statistik. Terdapat nilai yang *out of control* menunjukkan bahwa mutu gula belum terkendali secara statistik. Selanjutnya setelah diketahui penyebabnya dan jika tidak memungkinkan untuk melakukan perbaikan proses maka data yang *out of control* dihilangkan.



Gambar 4.6 Peta Kendali *Generalized Variance* Bulan Juni Iterasi 1

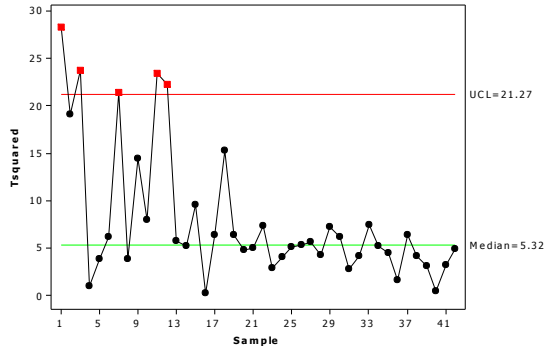
Gambar 4.6 menunjukkan bahwa terdapat pengamatan yang *out of control* yaitu ke-15 (19 Juni 2016, shift 3). Terdapat nilai yang *out of control* menunjukkan bahwa mutu gula belum terkendali secara statistik. Gambar 4.7 adalah peta *Generalized Varoance* iterasi 2.



Gambar 4.7 Peta Kendali *Generalized Variance* Bulan Juni Iterasi 2

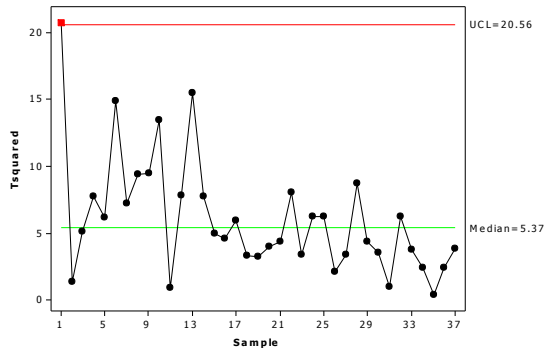
Andaikan proses produksi telaah diperbaiki maka didapat hasil seperti Gambar 4.7. Berdasarkan Gambar 4.7 didapat bahwa sudah tidak terdapat pengamatan yang *out of control*. Tidak terdapat nilai yang *out of control* menunjukkan bahwa mutu gula sudah terkendali secara statistik. Gambar 4.8 adalah peta kendali

T^2 Hotelling phase I dengan data pada lampiran 3H. Banyak pengamatan pada peta kendali T^2 Hotelling adalah sebanyak 42 pengamatan. Berikut adalah penyajian peta kendali T^2 Hotelling pada Bulan Juni.



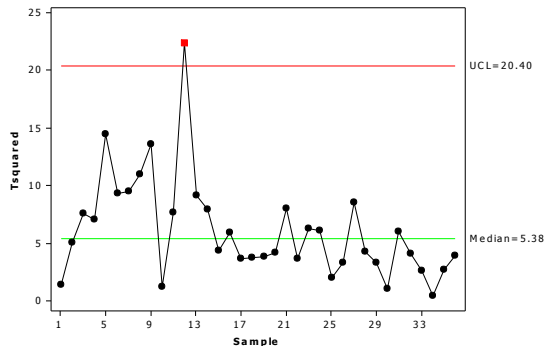
Gambar 4.8 Peta Kendali T^2 Hotelling Bulan Juni

Gambar 4.8 menunjukkan bahwa nilai secara horizontal merupakan banyaknya pengamatan, sedangkan nilai secara vertikal merupakan nilai plot peta kendali T^2 Hotelling sesuai perhitungan. Nilai UCL adalah batas kendali atas dari plot peta kendali yaitu sebesar 21,27. Sedangkan median merupakan nilai tengah dari data pengamatan yaitu 5,32 dengan batas kendali bawah atau LCL sebesar 0. Berdasarkan gambar 4.7 dapat dilihat bahwa terdapat pengamatan yang *out of control* yaitu pada pengamatan ke 1 (6 Juni 2016, *shift* 1), ke-3 (6 Juli 2016, *shift* 3), ke-7 (15 Juni 2016, *shift* 1), ke-11 (16 Juni 2016, *shift* 2) dan pengamatan ke 12 (16 Juni 2016, *shift* 3). Terdapat nilai yang *out of control* menunjukkan bahwa proses pengendalian mutu gula belum terkendali secara statistik. Selanjutnya setelah diketahui penyebabnya dan tidak memungkinkan untuk melakukan perbaikan proses maka data *out of control* dihilangkan.



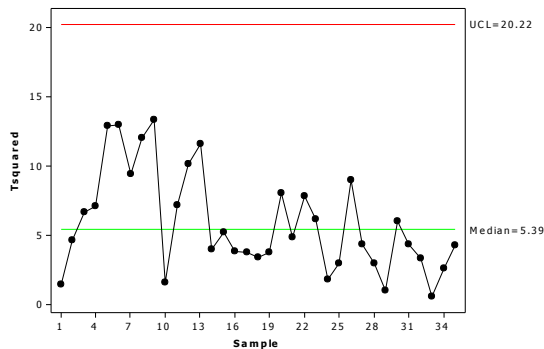
Gambar 4.8 Peta Kendali T^2 Hotelling Bulan Juni Iterasi I

Andaikan proses produksi telaah diperbaiki maka didapat hasil seperti Gambar 4.8. Berdasarkan Gambar 4.8 menunjukkan bahwa diperoleh UCL sebesar 23,11 dengan median sebesar 5,22 dan LCL sebesar 0 terdapat pengamatan yang *out of control* yaitu pada pengamatan ke 1 (6 Juni 2016, *shift* 2). Terdapat nilai yang *out of control* menunjukkan bahwa proses pengendalian mutu gula belum terkendali secara statistik. Selanjutnya setelah diketahui penyebabnya dan tidak memungkinkan untuk melakukan perbaikan proses maka data yang *out of control* dihilangkan.



Gambar 4.9 Peta Kendali T^2 Hotelling Bulan Juni Iterasi II

Andaikan proses produksi telaah diperbaiki maka didapat hasil seperti Gambar 4.9. Berdasarkan Gambar 4.9 diperoleh UCL sebesar 23 dengan median sebesar 5,22 dan LCL sebesar 0 dapat dilihat bahwa terdapat pengamatan yang *out of control* yaitu pada pengamatan ke 12 (19 Juni 2016, *shift* 3). Terdapat nilai yang *out of control* menunjukkan bahwa proses produksi gula belum terkendali secara statistik. Selanjutnya setelah diketahui penyebabnya dan tidak memungkinkan untuk melakukan perbaikan proses maka data yang *out of control* dihilangkan.



Gambar 4.10 Peta Kendali T^2 Hotelling Bulan Juni Iterasi III

Andaikan proses produksi telaah diperbaiki maka didapat hasil seperti Gambar 4.10. Berdasarkan Gambar 4.10 menunjukkan bahwa sudah tidak terdapat pengamatan yang *out of control*. Tidak terdapat nilai yang *out of control* menunjukkan bahwa proses pengendalian mutu gula sudah terkendali secara statistik. Selanjutnya dilakukan analisis dari proses produksi gula berdasarkan *mean* proses dan *varians* proses pada Bulan Juli dengan data pada Lampiran 3I.

4.5 Perbandingan Antar Phase Mutu PG Tjoekir Jombang

Data kualitas mutu produk gula terbagi menjadi 4 karakteristik kualitas yaitu berat jenis butir, warna larutan, polarisasi, dan susut pengeringan. Pelaksanaan produksi dibagi menjadi 3 *shift* kerja, untuk mengetahui apakah terdapat perbedaan antar *shift* kerja maka

dilakukan pengujian MANOVA. Berikut adalah hasil pengujian tersebut.

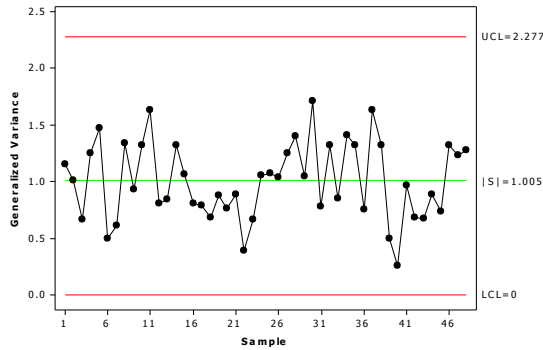
$H_0 : \tau_1 = \tau_2 = 0$ (Efek yang diberikan oleh Phase kerja terhadap karakteristik kualitas sama)

$H_1 : \text{Minimal ada satu } \tau_i \neq 0, i = 1, 2$

Daerah penolakan untuk hipotesis tersebut adalah Uji *Wilk's Lamda* (Λ^*) kurang dari $F_{0,05;4;91-4-1}$ atau *P-value* kurang dari α (0,05). Berdasarkan hasil *output* pada Lampiran 6b diperoleh Λ^* sebesar 0,749 dan *P-value* 0,000. Berdasarkan perhitungan F_{hitung} diperoleh sebesar 7,2025. Karena F_{hitung} sebesar 7,2025 kurang dari $F_{0,05;4;86}$ sebesar 2,478 dan *P-value* kurang dari α maka diperoleh keputusan tolak H_0 . Artinya, antara phase 1 dan phase 2 memberikan perbedaan terhadap hasil produksi. Berdasarkan Tabel 4.2 rata-rata antara phase 1 dan phase 2 pada karakteristik kualitas berat jenis butir pada phase 1 memiliki rata-rata lebih tinggi dari phase 2 akan tetapi keduanya sudah memiliki rata-rata sesuai dengan batas spesifikasi. Rata-rata warna larutan pada phase 1 memiliki rata-rata lebih tinggi dari phase 2 akan tetapi kedua rata-rata tersebut belum sesuai batas spesifikasi yang ditentukan, rata-rata polarisasi phase 1 lebih rendah dari phase 2 pada karakteristik kualitas polarisasi phase 2 memiliki rata-rata yang sudah sesuai dengan batas spesifikasi. Rata-rata keempat adalah susut pengeringan rata-rata phase 1 lebih tinggi dari phase 2 akan tetapi keduanya sudah sesuai dengan batas spesifikasi yang ditentukan.

4.6 Analisis Kapabilitas Mutu Gula Pada Phase II

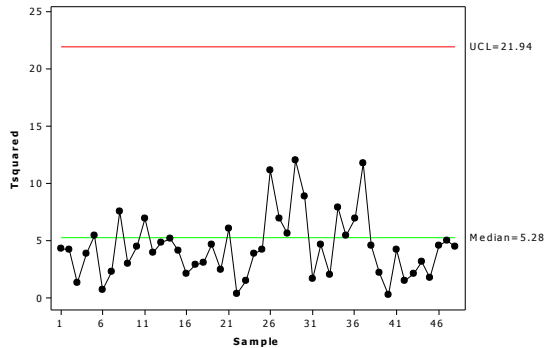
Pengendalian kualitas menggunakan peta kendali *Generalized Variance* pada Bulan Juli dengan menggunakan batas kendali yang berbeda dengan batas kendali Bulan Juni karena terjadi perbedaan efek antar phase dengan menggunakan data pada Lampiran 3I.



Gambar 4.11 Peta Kendali *Generalized Variance* Bulan Juli

Gambar 4.11 menunjukkan bahwa peta kendali *Generalized Variance* Bulan Juli menggunakan jumlah observasi sebanyak 48 pengamatan. Nilai UCL adalah batas kendali atas dari plot peta kendali menggunakan batas kendali atas diperoleh sebesar 2,277. Nilai LCL merupakan batas kendali bawah yaitu sebesar 0. Berdasarkan gambar 4.11 diperoleh bahwa tidak ada plot yang berada diluar batas kendali atas maupun bawah sehingga dapat dikatakan bahwa variabilitas proses produksi gula pada Bulan Juli memiliki pengendalian kualitas yang baik. Hal tersebut dapat dikatakan bahwa varians proses pengendalian mutu gula pada Bulan Juli terkendali secara statistik. Selanjutnya karena varians proses sudah terkendali maka dilakukan pengendalian berdasarkan *mean* proses dengan menggunakan Peta kendali T^2 Hotelling.

Peta kendali T^2 Hotelling disajikan peta pengendalian kualitas berdasarkan rata-rata proses produksi dari keempat karakteristik kualitas. Berikut adalah evaluasi dari Bulan Juni dan Bulan Juli. Pengendalian kualitas Bulan Juli batas kendali yang digunakan adalah batas kendali pada Bulan Juni. Data yang digunakan adalah data pada Lampiran 3H dengan terdapat 51 pengamatan. Berikut adalah peta kendali dari Bulan Juli.

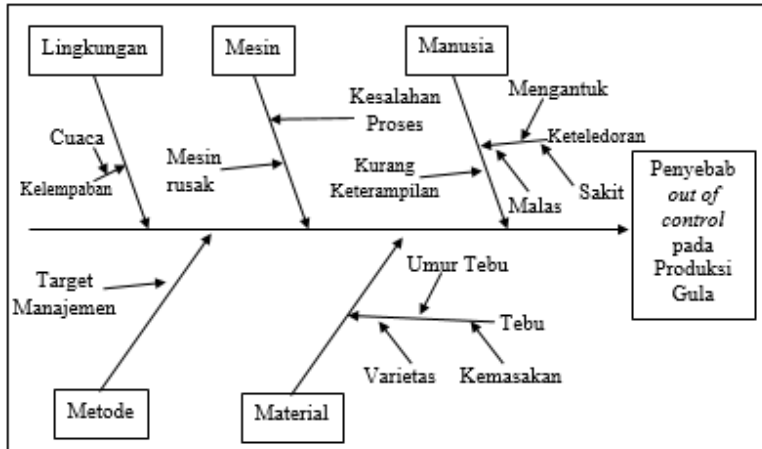


Gambar 4.12 Peta Kendali T^2 Hotelling Bulan Juli

Gambar 4.12 menunjukkan bahwa nilai secara horizontal merupakan banyaknya pengamatan, sedangkan nilai secara vertikal merupakan nilai plot peta kendali T^2 Hotelling sesuai perhitungan. Nilai UCL adalah batas kendali atas dari plot peta kendali menggunakan batas kendali pada Bulan Juni diperoleh sebesar 22,21. Nilai LCL merupakan batas kendali bawah yaitu sebesar 0 dengan menggunakan 48 pengamatan. Berdasarkan gambar 4.12 menunjukkan bahwa tidak terdapat pengamatan yang *out of control*. Hal tersebut dapat dikatakan bahwa *mean* proses produksi gula pada Bulan Juli terkendali secara statistik. Karena pengendalian gula menggunakan metode *Generalized Variance* dan T^2 Hotelling sudah terkendali baik pada Bulan Juni dan Bulan Juli, selanjutnya menentukan indeks kapabilitas proses pengendalian mutu di PG Tjoekir.

4.7 Faktor Penyebab Ketidaksesuaian Produksi

Diagram *Ishikawa* digunakan untuk mengetahui penyebab terjadi tidak terjadinya proses yang digambarkan dalam bentuk diagram tulang ikan. Berikut adalah hasil dari penyebab tidak terkendalnya proses produksi.



Gambar 4.13 Diagram Ishikawa

Gambar 4.13 menunjukkan hal-hal yang mempengaruhi tidak terkendalinya karakteristik kualitas produksi gula di PG Tjoekir. Penyebab pertama adalah sumber daya manusia yaitu keteledoran karena pegawai tersebut merasa mengantuk, malas dan sedang sakit dengan penyebab lainnya adalah pegawai yang kurang keterampilan. Kedua adalah mesin, dimana mesin saat melakukan produksi sedang rusak atau pada saat melakukan pengukuran mesin atau alat ukur lupa dibersihkan sehingga pengukuran tidak akurat dan terjadi kesalahan proses.

Pabrik gula dioperasikan secara musiman, jadi material atau tebu didapat dengan dipasok dari petani-petani sekitar pabrik dimana tebu-tebu tersebut dipertimbangkan umur tebu, varietas tebu dan kemasakah tebu jika salah satu dari pertimbangan tersebut tidak sesuai maka akan berpengaruh pada mutu gula. Karena cuaca yang tidak menentu seringkali menjadi kendala yang dapat menghentikan proses produksi gula, karena jika sedang hujan proses penebangan tebu akan berhenti dan akan menghentikan proses produksi. Kelempaban udara sangat berpengaruh untuk penyimpanan gula atau gudang. Metode yang digunakan untuk proses produksi tergantung pada target manajemen.

4.8 Penentuan Indeks Kapabilitas Mutu PG Tjoekir

Setelah dilakukan analisis peta kendali multivariat dan sudah terkendali pada phase I maupun phase II selanjutnya adalah menghitung indeks kapabilitas proses untuk phase I dengan menggunakan P_p dan P_{PK} sedangkan untuk phase II menggunakan C_p dan C_{PK} . Tabel 4.2 merupakan hasil pengukuran secara univariat berdasarkan data pada Lampiran 3H setelah beberapa pengamatan dihilangkan dengan sesuai *ouput* pada Lampiran 7.

Tabel 4.3 Indeks Kapabilitas Proses Secara Univariat Bulan Juni 2016

Variabel	Bobot	P_p	P_{PK}
Berat Jenis Butir	0,3	1,40	0,09
Warna Larutan	0,2	0,47	-0,38
Polarisasi	0,2	0,65	0,09
Susut Pengeringan	0,3	1,52	0,75

Tabel 4.2 menunjukkan indeks kemampuan proses dari Bulan Juni secara univariat, berdasarkan perolehan indeks kemampuan tersebut didapat pada variabel berat jenis butir, warna larutan dan polarisasi memiliki nilai yang kurang dari satu. Artinya tingkat presisi dan akurasinya kurang baik. Nilai presisi merupakan kedekatan antar pengamatan, sedangkan nilai akurasi adalah kedekatan dengan spesifikasi yang ditargetkan perusahaan. Sedangkan pada variabel susut pengeringan memiliki P_p yang lebih dari 1 akan tetapi nilai P_{PK} yang kurang dari 1, artinya proses tidak berada diantara rata-rata batas spesifikasi. Secara univariat indeks kemampuan proses produksi gula belum kapabel penyebab proses tidak kapabel akibat ketidaksesuaian hasil produksi gula yang telah digambarkan dengan diagram *ishikawa* pada Gambar 4.13. Berikut adalah perhitungan indeks kemampuan proses multivariate pada Bulan Juni dengan menggunakan Persamaan 2.32 dan 2.33 dan Tabel 4.2 dengan diketahui jika menurut keterangan dari bagian *Quality Control* PG Tjoekir bahwa pengaruh paling dominan mutu gula adalah warna larutan dan berat jenis butir karena kedua karakteristik kualitas tersebut bisa dilihat tanpa harus dilakukan uji lab dengan karakteristik lainnya berada dibawahnya.

$$MP_p = (0,3 \times 1,4) + (0,2 \times 0,47) + (0,2 \times 0,65) \\ + (0,3 \times 1,52)$$

$$MP_p = 1,1$$

$$MP_{pk} = (0,3 \times 0,09) + (0,2 \times -0,38) + (0,2 \times 0,09) \\ + (0,3 \times 0,75)$$

$$MP_{pk} = 0,194$$

Berdasarkan perhitungan tersebut diperoleh nilai MC_p dan nilai M_{PK} yang lebih dari 1 berarti proses berada pada rata-rata batas spesifikasi dan proses kapabel. Selanjutnya akan dilakukan perhitungan indeks kapabilitas proses pada Bulan Juli dengan data pada Lampiran 3I setelah mengeluarkan data yang *out of control* dengan sesuai *output* pada Lampiran 8.

Tabel 4.4 Indeks Kapabilitas Proses Secara Univariat Bulan Juli 2016

Variabel	Bobot	C_p	C_{pk}
Berat Jenis Butir	0,3	1,79	0,05
Warna Larutan	0,2	0,48	-0,36
Polarisasi	0,2	1,45	0,99
Susut Pengeringan	0,3	1,32	0,68

Tabel 4.3 menunjukkan indeks kapabilitas proses dari Bulan Juli secara univariat, berdasarkan perolehan nilai kapabilitas tersebut didapat pada variabel berat jenis butir dan warna larutan memiliki nilai yang kurang dari satu. Artinya tingkat presisi dan akurasi kurang baik. Sedangkan pada variabel susut pengeringan memiliki C_p yang lebih dari 1 akan tetapi nilai C_{pk} yang kurang dari 1, maknanya proses tidak berada diantara rata-rata batas spesifikasi. Berikut adalah perhitungan indeks kapabilitas multivariate pada Bulan Juli dengan Persamaan 2.26 dan 2.27 menggunakan Tabel 4.3.

$$MC_p = (0,3 \times 1,79) + (0,2 \times 0,48) + (0,2 \times 1,45) \\ + (0,3 \times 1,32)$$

$$MC_p = 1,319$$

$$MC_{pk} = (0,3 \times 0,05) + (0,2 \times -0,36) + (0,2 \times 0,99) \\ + (0,3 \times 0,68)$$

$$MC_{pk} = 0,345$$

Berdasarkan perhitungan tersebut diperoleh nilai MC_p yang lebih dari 1 maka proses produksi Bulan Juli telah kapabel akan tetapi nilai MC_{pk} yang kurang dari nilai MC_p , maknanya proses tidak berada diantara rata-rata batas spesifikasi.

Halaman ini sengaja dikosongkan

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisis dan pembahasan, maka didapat kesimpulan bahwa tidak terdapat perbedaan proses pada *shift* kerja bulan Juni-Juli. Sedangkan untuk perbedaan proses pada phase terdapat perbedaan antara phase I dan phase II jika dibandingkan antar phase dengan melihat rata-rata data pengendalian mutu, lebih baik phase I daripada phase II. Pengendalian proses produksi gula phase I yaitu pada bulan Juni 2016 tidak terkendali secara statistik karena masih terdapat titik pengamatan yang berada diluar batas kendali sedangkan pada phase II yaitu bulan Juli 2016 proses produksinya sudah terkendali secara statistik, faktor-faktor yang mempengaruhi ketidaksesuaian produksi dapat diketahui dari diagram *ishikawa*. Andaikan telah dilakukan perbaikan proses indeks kapabilitas proses secara multivariat dari kedua phase diperoleh secara berturut-turut adalah 1,1 dan 1,319 yang berarti proses produksi gula pada Bulan Juni dan Bulan Juli sudah kapabel.

5.2 Saran

Saran yang didapat dari hasil penelitian yaitu perlu dilakukan pemantauan terus menerus tentang apasaja yang terjadi pada proses produksi seperti dengan membuat *check sheet*. Agar jika terjadi ketidaksesuaian dapat diketahui lebih awal penyebabnya dan dapat dilakukan perbaikan atau pemberhentian sementara proses produksi, yang mempengaruhi hasil pengukuran yang didapat. Hasil pengukuran tersebut sangat berpengaruh pada hasil analisis yang didapat, agar hasil analisis yang didapat akurat maka diperlukan data yang tepat. Ketidaksesuaian yang terjadi seperti yang sudah diketahui berdasarkan diagram *ishikawa* lebih baik diutamakan, karena kemungkinan sudah diketahui maka pihak manajemen sudah mengetahui tindakan-tindakan apasaja yang perlu dilakukan untuk menangani hal tersebut.

Halaman ini sengaja dikosongkan

DAFTAR PUSTAKA

- Johnson, Richard A., & Wichern, D. (2007). *Applied Multivariate Statistical Analysis*. New Jersey: Prentice Hall.
- Kotz, S., & Johnson, N. (1993). *Process Capability Indices*. London: United Kingdom: Chapman & Hall.
- Montgomery, D. C. (2013). *Introdustion to Statistical Quality Control, Seventh Edition*. USA: John Wiley & Sons, Inc.
- Morrison, D. F. (2005). *Multivariate Statistical Methods, Fourth Edition*. California: Thomson Brooks.
- PTPN X. (2017). *Produk*. Diakses pada 10 Januari 2017 di <http://ptpn10.co.id>
- Raissi, S. (2009). Multivariate Process Capability Indices On The Presence Of Priority For Quality Characteristics. *Journal of Industrial Engineering International Vol. 5, No. 9*, 27-36.
- Rencher, A. R. (2002). *Mothods of Multivariate Analysis Second Edition*. New York: John Wiley & Sons, Inc.
- SNI. (2010). *Standar Nasional Indonesia : Gula Kristal - Bagian 3: Putih*. Badan Standarisasi Nasional.
- Tumanggor, S. (2005). Analisis Pelaksanaan Pengendalian Mutu Pada Perusahaan Pabrik Gula. *Jurnal Sistem Teknik Industri Volume 6*.

Halaman ini sengaja dikosongkan

LAMPIRAN

Lampiran 1. Data Kararakteristik Kualitas Mutu Pabrik Gula Tjoekir Bulan Juni 2016

Tanggal	Shift	Warna Larutan	Berat Jenis Butir	Susut Pengeringan	Polarisasi
2-Jun-16	1	0.00	0.00	0.00	0.00
	2	282.0	1.05	0.10	98.80
	3	337.0	1.05	0.10	98.80
3-Jun-16	1	300.0	0.99	0.10	98.80
	2	302.0	1.05	0.10	98.80
	3	298.0	1.05	0.10	98.80
4-Jun-16	1	315.0	1.08	0.10	98.80
	2	295.0	1.07	0.10	98.80
	3	265.0	1.09	0.10	98.80
5-Jun-16	1	298.0	1.09	0.10	98.80
	2	300.0	1.01	0.10	98.80
	3	287.0	1.02	0.10	98.80
6-Jun-16	1	299.0	1.20	0.03	98.80
	2	334.0	1.16	0.03	98.80
	3	270.0	1.01	0.03	98.80
7-Jun-16	1	172.0	1.01	0.05	98.90
	2	224.0	0.91	0.05	98.90
	3	217.0	0.99	0.05	98.90
8-Jun-16	1	157.0	0.90	0.05	98.80
	2	151.0	0.94	0.05	98.80
	3	155.0	0.87	0.05	98.80

Lampiran 1. Data Karakteristik Kualitas Mutu Pabrik Gula Tjoekir Bulan Juni 2016 (Lanjutan)

Tanggal	Shift	Warna Larutan	Berat Jenis Butir	Susut Pengeringan	Polarisasi
9-Jun-16	1	197.0	1.12	0.08	98.30
	2	157.0	0.90	0.05	98.61
	3	94.0	0.91	0.08	98.45
10-Jun-16	1	123.0	0.98	0.02	99.60
	2	122.0	0.94	0.10	98.50
	3	129.0	1.08	0.02	98.58
11-Jun-16	1	193.0	0.88	0.03	99.50
	2	188.0	1.08	0.10	98.20
	3	202.0	1.03	0.05	99.50
12-Jun-16	1	131.0	0.92	0.02	99.60
	2	144.0	0.88	0.10	98.10
	3	179.0	1.00	0.03	99.50
13-Jun-16	1	167.0	0.80	0.02	99.50
	2	164.0	0.85	0.10	99.31
	3	154.0	0.87	0.01	99.50
14-Jun-16	1	159.0	0.82	0.03	99.60
	2	157.0	0.73	0.03	99.50
	3	210.0	0.75	0.04	99.50
15-Jun-16	1	244.0	1.01	0.02	99.40
	2	202.0	0.88	0.02	99.45
	3	246.0	0.72	0.03	99.45
16-Jun-16	1	152.0	0.79	0.02	99.87
	2	157.0	0.83	0.05	99.86
	3	175.0	0.77	0.05	99.86

Lampiran 1. Data Karakteristik Kualitas Mutu Pabrik Gula Tjoekir Bulan Juni 2016 (Lanjutan)

Tanggal	Shift	Warna Larutan	Berat Jenis Butir	Susut Pengerinan	Polarisasi
17-Jun-16	1	171.0	0.92	0.03	99.60
	2	181.0	0.92	0.04	99.40
	3	184.0	0.88	0.05	99.50
18-Jun-16	1	188.0	0.87	0.04	99.66
	2	167.0	0.81	0.03	99.60
	3	145.0	0.83	0.10	99.30
19-Jun-16	1	167.0	0.85	0.03	99.47
	2	115.0	0.91	0.02	99.60
	3	174.0	0.88	0.05	99.00
20-Jun-16	1	206.0	0.83	0.05	99.30
	2	203.0	0.84	0.04	99.20
	3	194.0	0.76	0.02	99.48
21-Jun-16	1	185.0	1.00	0.02	99.45
	2	244.0	0.95	0.08	98.80
	3	180.0	0.86	0.04	99.66
22-Jun-16	1	221.0	0.84	0.02	99.60
	2	202.0	0.76	0.10	99.40
	3	192.0	0.80	0.03	99.67
23-Jun-16	1	164.0	0.98	0.02	99.53
	2	147.0	0.78	0.08	98.80
	3	146.0	0.80	0.02	99.68

Lampiran 1. Data Kararakteristik Kualitas Mutu Pabrik Gula Tjoekir Bulan Juni 2016 (Lanjutan)

Tanggal	Shift	Warna Larutan	Berat Jenis Butir	Susut Pengeringan	Polarisasi
24-Jun-16	1	108.0	0.80	0.01	99.64
	2	134.0	0.80	0.03	99.66
	3	118.0	0.80	0.02	99.69
25-Jun-16	1	140.0	0.79	0.01	99.60
	2	146.0	0.78	0.01	99.59
	3	196.0	0.89	0.02	99.61
26-Jun-16	1	150.0	0.80	0.02	99.38
	2	124.0	0.80	0.02	99.38
	3	106.0	0.80	0.03	99.53
27-Jun-16	1	127.0	0.80	0.02	99.58
	2	116.0	0.80	0.02	99.58
	3	114.0	0.80	0.04	99.48
28-Jun-16	1	172.0	0.80	0.01	99.64
	2	150.0	0.80	0.01	99.59
	3	146.0	0.80	0.02	99.62
29-Jun-16	1	213.0	0.80	0.02	99.58
	2	197.0	0.80	0.02	99.40
	3	162.0	0.80	0.02	99.40
30-Jun-16	1	168.0	0.80	0.03	99.47
	2	124.0	0.80	0.02	99.66
	3	161.0	0.80	0.01	99.68

Lampiran 2. Data Karakteristik Kualitas Mutu Pabrik Gula
Tjoekir Bulan Juli 2016

Tanggal	Shift	Warna Larutan	Berat Jenis Butir	Susut Pengeringan	Polarisasi
1-Jul-16	1	176.0	0.79	0.03	99.69
	2	180.0	0.92	0.01	99.75
	3	187.0	0.80	0.02	99.73
2-Jul-16	1	97.0	0.84	0.02	99.48
	2	195.0	1.07	0.01	99.60
	3	143.0	0.79	0.03	99.58
3-Jul-16	1	169.0	0.80	0.01	99.39
	2	195.0	0.80	0.01	99.55
	3	195.0	0.80	0.01	99.55
13-Jul-16	1	254.0	0.88	0.01	99.49
	2	234.0	0.90	0.01	99.49
	3	120.0	0.98	0.02	99.65
14-Jul-16	1	193.0	0.85	0.02	99.58
	2	200.0	0.81	0.02	99.58
	3	205.0	0.78	0.03	99.68
15-Jul-16	1	210.0	0.74	0.04	99.66
	2	138.0	0.90	0.01	99.65
	3	167.0	0.77	0.03	99.67
16-Jul-16	1	112.0	0.79	0.02	99.68
	2	107.0	0.84	0.05	99.69
	3	119.0	0.78	0.04	99.67
17-Jul-16	1	177.0	0.84	0.04	99.56
	2	100.0	0.89	0.01	99.60
	3	182.0	0.79	0.02	99.58

Lampiran 2. Data Karakteristik Kualitas Mutu Pabrik Gula Tjoekir Bulan Juli 2016 (Lanjutan)

Tanggal	Shift	Warna Larutan	Berat Jenis Butir	Susut Pengerangan	Polarisasi
18-Jul-16	1	100.0	0.78	0.01	99.69
	2	95.0	0.85	0.04	99.65
	3	108.0	0.77	0.04	99.67
19-Jul-16	1	102.0	0.70	0.01	99.59
	2	139.0	0.85	0.02	99.62
	3	161.0	0.85	0.03	99.60
20-Jul-16	1	110.0	0.82	0.03	99.67
	2	172.0	0.76	0.01	99.69
	3	150.0	0.81	0.02	99.58
21-Jul-16	1	180.0	0.84	0.05	99.65
	2	189.0	0.78	0.01	99.67
	3	189.0	0.78	0.01	99.59
22-Jul-16	1	160.0	0.80	0.02	99.70
	2	208.0	0.80	0.02	99.69
	3	193.0	0.80	0.03	99.57
23-Jul-16	1	195.0	0.77	0.05	99.69
	2	201.0	0.86	0.06	99.67
	3	204.0	0.76	0.05	99.75
24-Jul-16	1	100.0	0.88	0.02	99.70
	2	275.0	0.85	0.04	99.69
	3	98.0	0.79	0.05	99.55
25-Jul-16	1	184.0	0.80	0.01	99.70
	2	176.0	0.80	0.01	99.79
	3	195.0	0.80	0.01	99.70

Lampiran 2. Data Kararakteristik Kualitas Mutu Pabrik Gula Tjoekir Bulan Juli 2016 (Lanjutan)

Tanggal	Shift	Warna Larutan	Berat Jenis Butir	Susut Pengerangan	Polarisasi
26-Jul-16	1	169.0	0.69	0.02	99.70
	2	196.0	0.87	0.02	99.58
	3	201.0	0.83	0.03	99.79
27-Jul-16	1	0.00	0.00	0.00	0.00
	2	223.0	0.80	0.05	99.68
	3	179.0	0.80	0.02	99.65
28-Jul-16	1	161.0	0.80	0.07	99.68
	2	169.0	0.80	0.01	99.79
	3	159.0	0.80	0.02	99.60
29-Jul-16	1	180.0	0.80	0.03	99.67
	2	197.0	0.80	0.02	99.58
	3	157.0	0.80	0.01	99.70
30-Jul-16	1	131.0	0.80	0.01	99.69
	2	100.0	0.80	0.02	99.70
	3	187.0	0.80	0.01	99.68
31-Jul-16	1	168.0	0.80	0.01	99.79
	2	106.0	0.80	0.02	99.76
	3	196.0	0.80	0.01	99.78

Lampiran 3A. *Syntax* Pengujian Asumsi Normal Multivariat Menggunakan *Software R*

```

multinorm.test <- function (X) {
#####
# input X adalah matriks berukuran n ? p
#####
X <- as.data.frame (X)
mu <- colMeans (X)
S <- cov (X)
invS <- solve (S)
d <- matrix (rep(0, nrow (X)), nrow (X), 1)
eval <- matrix (rep(0, nrow (X)), nrow (X), 1)
q <- qchisq(0.5, ncol (X)) #mengitung titik kritis
#menghitung jarak dan mngevaluasinya terhadap titik kritis
for (i in 1:nrow(X)) {
d[i] <- as.numeric(t(X[i,] - mu)) %*% (invS) %*%
as.numeric(X[i,] - mu)
      ifelse (d[i] <= q, eval[i] <- 1, eval[i] <- 0)
}
#menghitung proporsi jarak yang memenuhi kriteria pengujian
prop <- sum(eval)/nrow(X)
result <- list(distece = d, chisquared = q, proporsi = prop)
return(result)
}

```

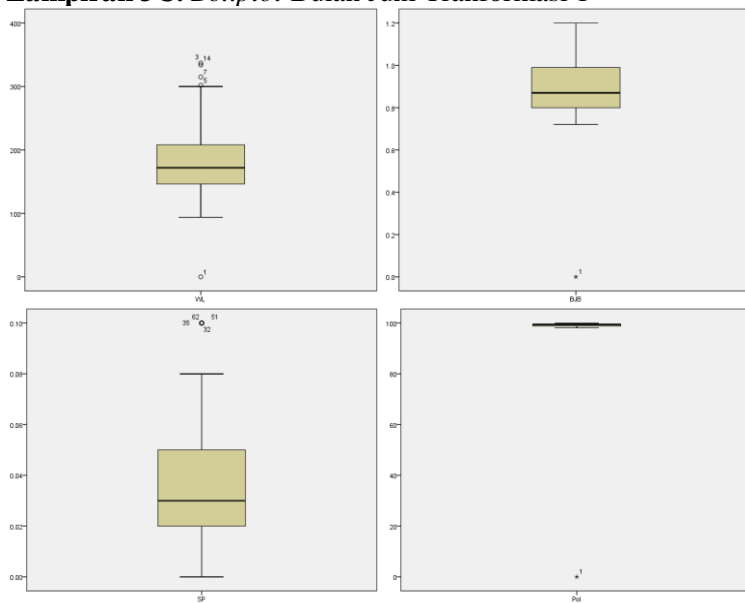
Lampiran 3B. Pengujian Asumsi Normal Multivariat Bulan Juni
Sebelum Transformasi

```
> X = read.csv("D:\\Phase1.csv", header = T)
> multinorm.test (X)
$dstece
      [,1]
[1,] 84.9662907
[2,]  3.7965410
[3,]  6.9233741
[4,]  4.9695614
[5,]  4.5679620
[6,]  4.3802507
[7,]  5.2908874
[8,]  4.3292790
[9,]  4.0592358
[10,] 4.6144806
[11,] 4.6948390
[12,] 3.9714348
[13,] 12.5519740
[14,] 12.9519794
[15,] 4.2958541
[16,] 2.4357937
[17,] 0.5052328
[18,] 0.8395440
[19,] 0.6512192
[20,] 1.5422644
[21,] 0.5518681
[22,] 6.4709693
[23,] 0.6546060
[24,] 8.3586611
[25,] 5.1925448
[26,] 9.0590388
[27,] 10.9494726
```

Lampiran 3B. Pengujian Asumsi Normal Multivariat Bulan Juni
Sebelum Transformasi (Lanjutan)

[28,] 0.4231951	[50,] 0.6714343	[72,] 1.0933872
[29,] 6.9324922	[51,] 7.2761695	[73,] 0.9253303
[30,] 1.8757695	[52,] 0.2964201	[74,] 1.2917210
[31,] 2.4759621	[53,] 3.1469544	[75,] 2.0217544
[32,] 6.6046556	[54,] 0.1551141	[76,] 1.2355418
[33,] 2.4050303	[55,] 1.1504113	[77,] 1.5671882
[34,] 1.0839027	[56,] 0.7835956	[78,] 1.9392185
[35,] 5.9835578	[57,] 3.0282005	[79,] 1.7924233
[36,] 1.4863166	[58,] 3.0915315	[80,] 1.4273633
[37,] 0.5179502	[59,] 1.5575509	[81,] 0.9654939
[38,] 2.4241509	[60,] 0.1446392	[82,] 2.9996868
[39,] 4.0019088	[61,] 2.5971049	[83,] 2.0581077
[40,] 4.0731349	[62,] 8.9367634	[84,] 0.9970195
[41,] 1.2627849	[63,] 1.4750289	[85,] 0.8231541
[42,] 8.9611587	[64,] 2.9238541	[86,] 1.3225021
[43,] 1.1188007	[65,] 4.7485641	[87,] 1.5542960
[44,] 0.8006448	[66,] 0.9732167	\$chisquared
[45,] 2.1512970	[67,] 2.1505947	[1] 3.356694
[46,] 0.6401051	[68,] 1.0053902	\$proporsi
[47,] 0.2142359	[69,] 1.5095375	[1] 0.6666667
[48,] 0.1059150	[70,] 1.4995156	
[49,] 0.1363648	[71,] 1.6097282	

Lampiran 3C. *Boxplot* Bulan Juni Transformasi 1



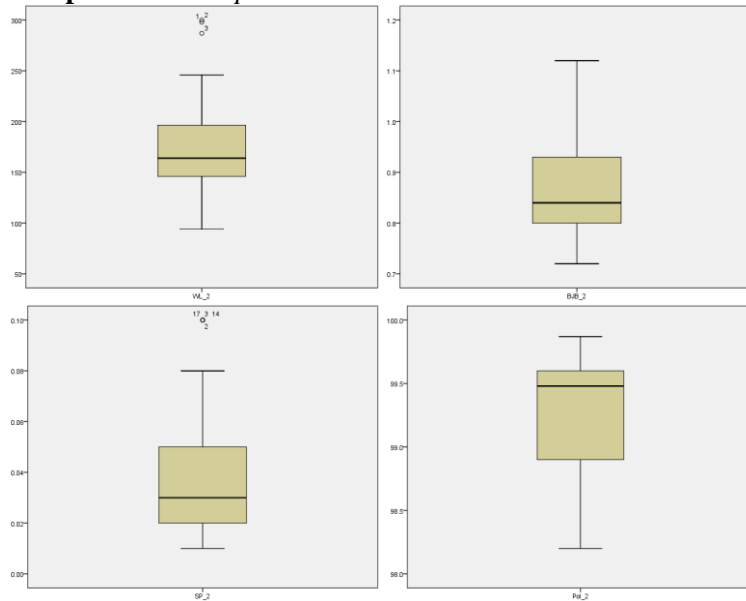
Lampiran 3D. Pengujian Asumsi Normal Multivariat Bulan Juni
Setelah Transformasi 1

```
> X = read.csv("D:\\Phase12.csv", header = T)
> multinorm.test (X)
$dstece
      [,1]
[1,] 11.3108417
[2,] 10.2220403
[3,] 9.1696861
[4,] 2.4460012
[5,] 3.1784743
[6,] 2.5908633
[7,] 2.4213629
[8,] 2.3224204
[9,] 3.0261587
[10,] 7.7496993
[11,] 5.2628129
[12,] 11.1034585
[13,] 7.2483415
[14,] 11.8288271
[15,] 16.4595110
[16,] 0.7356033
[17,] 8.2083947
[18,] 7.3983555
[19,] 0.6618656
[20,] 2.5887014
[21,] 3.9444289
[22,] 8.3367228
[23,] 2.0525094
[24,] 10.0739023
[25,] 2.1510486
[26,] 8.2668205
[27,] 7.3607633
```


Lampiran 3D. Pengujian Asumsi Normal Multivariat Bulan Juni Sebelum Transformasi 1 (Lanjutan)

[28,] 2.0993286	[42,] 0.9420426	[56,] 1.4259523
[29,] 0.7845707	[43,] 2.2978660	[57,] 0.7722552
[30,] 1.9253466	[44,] 1.8034420	[58,] 3.1074885
[31,] 0.1536080	[45,] 1.9999329	[59,] 3.0535741
[32,] 4.0301611	[46,] 1.4706244	[60,] 1.4358724
[33,] 0.8473599	[47,] 1.6460329	[61,] 0.6197399
[34,] 1.5277761	[48,] 1.8743694	[62,] 1.5401137
[35,] 1.5981650	[49,] 1.4035147	[63,] 1.3824512
[36,] 3.5208275	[50,] 1.6880537	
[37,] 5.0015669	[51,] 2.7022618	\$Schisquared
[38,] 3.8481682	[52,] 1.1788435	[1] 3.356694
[39,] 2.1013622	[53,] 1.6647235	\$proporsi
[40,] 4.4828214	[54,] 3.0996174	[1] 0.6507937
[41,] 9.1022121	[55,] 1.7483386	

Lampiran 3E. *Boxplot* Bulan Juni Tranformasi 2



Lampiran 3F. Pengujian Asumsi Normal Multivariat Bulan Juni
Setelah Transformasi 2

```
> X = read.csv("D:\\Phase13.csv", header = T)
> multinorm.test (X)
$distece
      [,1]
[1,] 4.0832378
[2,] 3.8163781
[3,] 4.0326546
[4,] 2.9467829
[5,] 3.2446001
[6,] 3.4317955
[7,] 12.6691617
[8,] 6.1237621
[9,] 13.7001108
[10,] 0.5985499
[11,] 2.5614118
[12,] 4.9037599
[13,] 10.1774572
[14,] 2.1674790
[15,] 11.1374892
[16,] 2.1200805
[17,] 10.9270564
[18,] 10.2836912
[19,] 2.8705746
[20,] 1.6666364
[21,] 3.7936790
[22,] 0.1085973
[23,] 5.0287706
[24,] 1.1346259
[25,] 2.6847598
[26,] 1.6723967
[27,] 3.4869470
```

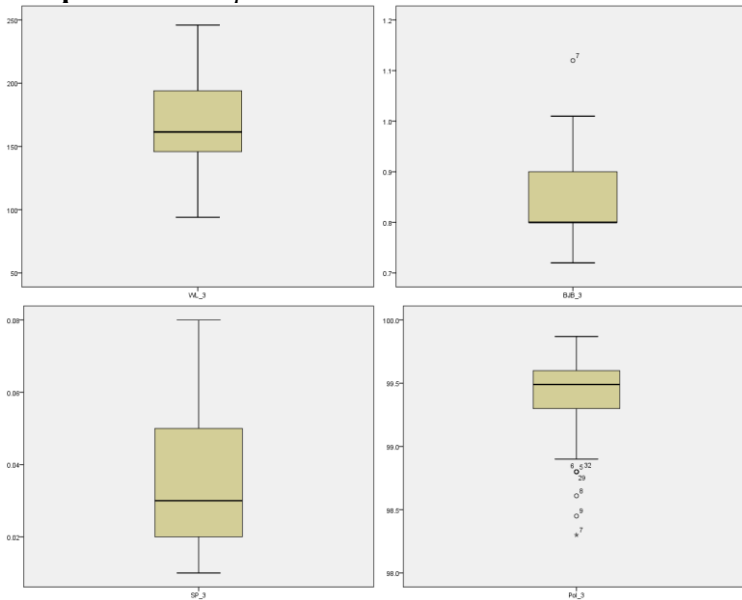
Lampiran 3F. Pengujian Asumsi Normal Multivariat Bulan Juni Setelah Transformasi 2 (Lanjutan)

[28,] 6.4971585
 [29,] 9.2121261
 [30,] 3.3081560
 [31,] 5.8194998
 [32,] 11.0871182
 [33,] 0.8661325
 [34,] 3.5531733
 [35,] 1.6972913
 [36,] 2.1693913
 [37,] 2.1433081

[38,] 2.2571238
 [39,] 2.2366129
 [40,] 1.7197806
 [41,] 2.5216202
 [42,] 2.8998214
 [43,] 1.4108177
 [44,] 2.0787966
 [45,] 3.1459941
 [46,] 1.9265244
 [47,] 1.9462153

[48,] 0.7358739
 [49,] 3.1892358
 [50,] 2.9488292
 [51,] 1.5450833
 [52,] 0.4376489
 [53,] 1.6769518
 [54,] 1.5972693
 \$chisquared
 [1] 3.356694
 \$proporsi
 [1] 0.6296296

Lampiran 3G. Boxplot Bulan Juni Tranformasi 3



Lampiran 3H. Pengujian Asumsi Normal Multivariat Bulan Juni
Setelah Transformasi 3

```
> X = read.csv("D:\\Phase114.csv", header = T)
> multinorm.test(X)
$dstece
      [,1]
[1,] 10.3387129
[2,]  6.9902233
[3,]  7.8836135
[4,]  0.4344024
[5,]  3.1827915
[6,]  5.0436561
[7,] 14.9484799
[8,]  2.6181086
[9,] 10.5276477
[10,] 3.0114733
[11,] 10.7231322
[12,] 10.6961146
[13,]  3.9139689
[14,]  2.3156218
[15,]  4.0605759
[16,]  0.1056979
[17,]  5.5323979
[18,]  6.0765762
[19,]  3.5417686
[20,]  2.3846685
[21,]  2.9623814
[22,]  3.3709935
[23,]  1.4199768
[24,]  1.8431017
[25,]  1.9909526
[26,]  2.0608442
[27,]  3.8917085
[28,]  1.8902605
[29,]  3.3305352
[30,]  3.4526366
```

```
[31,] 1.2412102
[32,] 1.9669179
[33,] 4.5336433
[34,] 2.3115507
[35,] 1.8692745
[36,] 0.5428326
[37,] 3.4065613
[38,] 2.3346330
[39,] 1.4128905
[40,] 0.3809234
[41,] 1.3991585
[42,] 2.0573816
```

```
$chisquared
[1] 3.356694
```

```
$proporsi
[1] 0.5714286
```

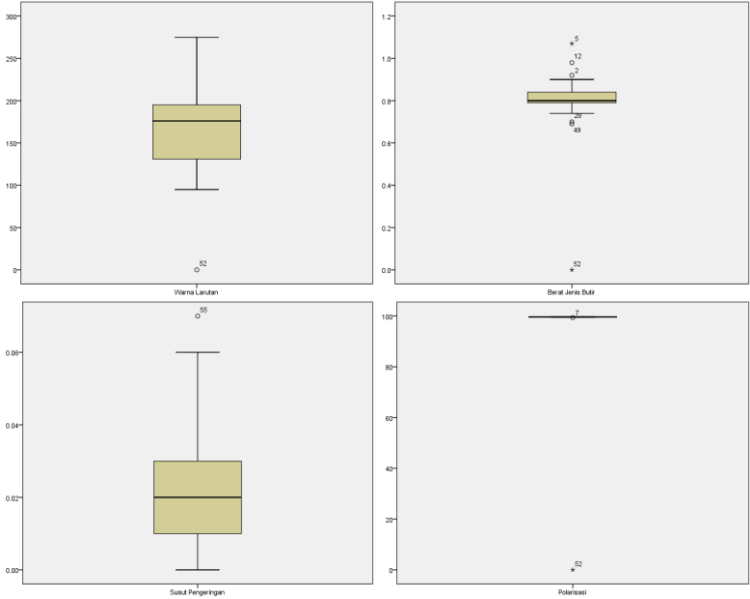
Lampiran 3I. Pengujian Asumsi Normal Multivariat Bulan Juli Sebelum Transformasi

```
> X = read.csv("D:\\Phase2.csv", header =
T)
> multinorm.test (X)
$dstece
[1,]
[1,] 0.4282050
[2,] 3.9437724
[3,] 0.4540051
[4,] 3.1433633
[5,] 20.6716336
[6,] 0.6513784
[7,] 1.0194808
[8,] 1.5477092
[9,] 1.5477092
[10,] 6.3445180
[11,] 5.3795395
[12,] 10.0204516
[13,] 0.8097712
[14,] 0.7762803
[15,] 1.4726227
[16,] 3.9593185
[17,] 3.3849749
[18,] 0.7888861
[19,] 2.0242253
[20,] 5.7255772
[21,] 2.7536534
[22,] 1.5963508
[23,] 5.1507624
[24,] 0.4771236
[25,] 3.9732191
[26,] 4.8800522
[27,] 3.6206669
[28,] 7.7346781
[29,] 0.8963296
[30,] 0.6528010
[31,] 2.0983460
```

```
[33,] 0.2499955
[34,] 3.6563786
[35,] 1.8049527
[36,] 1.7863965
[37,] 0.2095445
[38,] 1.2335373
[39,] 0.6733617
[40,] 4.0590847
[41,] 7.7947931
[42,] 4.6969518
[43,] 4.0742712
[44,] 8.5218151
[45,] 5.9309683
[46,] 1.2574762
[47,] 1.1372947
[48,] 1.5653719
[49,] 5.3171826
[50,] 1.4269349
[51,] 0.9426688
[52,] 64.0125424
[53,] 5.0640150
[54,] 0.2848846
[55,] 9.8321440
[56,] 1.0828330
[57,] 0.2038177
[58,] 0.3618882
[59,] 0.7507473
[60,] 1.1071450
[61,] 1.7732290
[62,] 2.7525258
[63,] 1.3245905
[64,] 1.0797734
[65,] 2.3205332
[66,] 1.6102812
```

```
$chisquared
[1] 3.356694
$proporsi
[1] 0.6363636
```

Lampiran 3J. *Boxplot* Bulan Juli Tranformasi I



Lampiran 3K. Pengujian Asumsi Normal Multivariat Bulan Juli Setelah Transformasi

```
> X = read.csv("D:\\Phase22.csv", header = T)
> multinorm.test (X)
$dstece
      [,1]
[1,] 3.8086602
[2,] 3.1110320
[3,] 1.3704910
[4,] 4.7380793
[5,] 7.2250172
[6,] 0.9761077
[7,] 2.0293345
[8,] 5.4921111
[9,] 2.8236548
[10,] 3.8373930
[11,] 8.1276596
[12,] 2.9063920
[13,] 4.0505132
[14,] 4.6399415
[15,] 4.0973965
[16,] 1.8932722
[17,] 2.3679169
[18,] 2.3760576
[19,] 3.3714585
[20,] 1.8082266
[21,] 4.1365897
[22,] 0.3190466
[23,] 1.3742788
[24,] 3.0730103
[25,] 3.7991704
[26,] 8.0763662
[27,] 6.0780537
[28,] 6.3096081
[29,] 10.7553228
[30,] 8.7892854
[31,] 1.3678278
[32,] 4.1614291
```

```
[33,] 1.7200225
[34,] 9.2717994
[35,] 5.3099054
[36,] 5.8148598
[37,] 8.3574055
[38,] 4.0807487
[39,] 1.5915129
[40,] 0.2348645
[41,] 3.0888081
[42,] 1.1262028
[43,] 1.6568300
[44,] 2.8047042
[45,] 1.3519141
[46,] 4.0740795
[47,] 4.0385158
[48,] 4.1871224
```

```
$chisquared
[1] 3.356694
```

```
$proporsi
[1] 0.4583333
```

Lampiran 3L. Data Bulan Juni Setelah Tranformasi

Tanggal	Shift	Warna Larutan	Berat Jenis Butir	Susut Pengeringan	Polarisasi
7-Jun-16	1	172.0	1.01	0.05	98.90
	2	224.0	0.91	0.05	98.90
	3	217.0	0.99	0.05	98.90
14-Jun-16	1	159.0	0.82	0.03	99.60
	2	157.0	0.73	0.03	99.50
	3	210.0	0.75	0.04	99.50
15-Jun-16	1	244.0	1.01	0.02	99.40
	2	202.0	0.88	0.02	99.45
	3	246.0	0.72	0.03	99.45
16-Jun-16	1	152.0	0.79	0.02	99.87
	2	157.0	0.83	0.05	99.86
	3	175.0	0.77	0.05	99.86
17-Jun-16	1	171.0	0.92	0.03	99.60
	2	181.0	0.92	0.04	99.40
	3	184.0	0.88	0.05	99.50
19-Jun-16	1	167.0	0.85	0.03	99.47
	2	115.0	0.91	0.02	99.60
	3	174.0	0.88	0.05	99.00
20-Jun-16	1	206.0	0.83	0.05	99.30
	2	203.0	0.84	0.04	99.20
	3	194.0	0.76	0.02	99.48
24-Jun-16	1	108.0	0.80	0.01	99.64
	2	134.0	0.80	0.03	99.66
	3	118.0	0.80	0.02	99.69

Lampiran 3L. Data Bulan Juni Setelah Tranformasi I (Lanjutan)

Tanggal	Shift	Warna Larutan	Berat Jenis Butir	Susut Pengerangan	Polarisasi
25-Jun-16	1	140.0	0.79	0.01	99.60
	2	146.0	0.78	0.01	99.59
	3	196.0	0.89	0.02	99.61
26-Jun-16	1	150.0	0.80	0.02	99.38
	2	124.0	0.80	0.02	99.38
	3	106.0	0.80	0.03	99.53
27-Jun-16	1	127.0	0.80	0.02	99.58
	2	116.0	0.80	0.02	99.58
	3	114.0	0.80	0.04	99.48
28-Jun-16	1	172.0	0.80	0.01	99.64
	2	150.0	0.80	0.01	99.59
	3	146.0	0.80	0.02	99.62
29-Jun-16	1	213.0	0.80	0.02	99.58
	2	197.0	0.80	0.02	99.40
	3	162.0	0.80	0.02	99.40
30-Jun-16	1	168.0	0.80	0.03	99.47
	2	124.0	0.80	0.02	99.66
	3	161.0	0.80	0.01	99.68

Lampiran 3M. Data Bulan Juli Setelah Tranformasi I

Tanggal	Shift	Warna Larutan	Berat Jenis Butir	Susut Pengeringan	Polarisasi
14-Jul-16	1	193.0	0.85	0.02	99.58
	2	200.0	0.81	0.02	99.58
	3	205.0	0.78	0.03	99.68
15-Jul-16	1	210.0	0.74	0.04	99.66
	2	138.0	0.90	0.01	99.65
	3	167.0	0.77	0.03	99.67
16-Jul-16	1	112.0	0.79	0.02	99.68
	2	107.0	0.84	0.05	99.69
	3	119.0	0.78	0.04	99.67
17-Jul-16	1	177.0	0.84	0.04	99.56
	2	100.0	0.89	0.01	99.60
	3	182.0	0.79	0.02	99.58
18-Jul-16	1	100.0	0.78	0.01	99.69
	2	95.0	0.85	0.04	99.65
	3	108.0	0.77	0.04	99.67
20-Jul-16	1	110.0	0.82	0.03	99.67
	2	172.0	0.76	0.01	99.69
	3	150.0	0.81	0.02	99.58
21-Jul-16	1	180.0	0.84	0.05	99.65
	2	189.0	0.78	0.01	99.67
	3	189.0	0.78	0.01	99.59
22-Jul-16	1	160.0	0.80	0.02	99.70
	2	208.0	0.80	0.02	99.69
	3	193.0	0.80	0.03	99.57

Lampiran 3M. Data Bulan Juli Setelah Tranformasi I (Lanjutan)

Tanggal	Shift	Warna Larutan	Berat Jenis Butir	Susut Pengeringan	Polarisasi
23-Jul-16	1	195.0	0.77	0.05	99.69
	2	201.0	0.86	0.06	99.67
	3	204.0	0.76	0.05	99.75
24-Jul-16	1	100.0	0.88	0.02	99.70
	2	275.0	0.85	0.04	99.69
	3	98.0	0.79	0.05	99.55
25-Jul-16	1	184.0	0.80	0.01	99.70
	2	176.0	0.80	0.01	99.79
	3	195.0	0.80	0.01	99.70
26-Jul-16	1	169.0	0.69	0.02	99.70
	2	196.0	0.87	0.02	99.58
	3	201.0	0.83	0.03	99.79
28-Jul-16	1	161.0	0.80	0.07	99.68
	2	169.0	0.80	0.01	99.79
	3	159.0	0.80	0.02	99.60
29-Jul-16	1	180.0	0.80	0.03	99.67
	2	197.0	0.80	0.02	99.58
	3	157.0	0.80	0.01	99.70
30-Jul-16	1	131.0	0.80	0.01	99.69
	2	100.0	0.80	0.02	99.70
	3	187.0	0.80	0.01	99.68
31-Jul-16	1	168.0	0.80	0.01	99.79
	2	106.0	0.80	0.02	99.76
	3	196.0	0.80	0.01	99.78

Lampiran 4A. *Output* Pengujian Asumsi Dependensi

KMO and Bartlett's Test		
Kaiser-Meyer-Olkin Measure of Sampling Adequacy.		.619
Bartlett's Test of Sphericity	Approx. Chi-Square	218.457
	df	6
	Sig.	.000

Lampiran 4B. *Output* Pengujian Homogenitas Matriks Varians Kovarians Antar Shift

**Box's Test of Equality of
Covariance Matrices^a**

Box's M	15.164
F	.708
df1	20
df2	27169.362
Sig.	.823

Lampiran 4C. *Output* Pengujian Homogenitas Matriks Varians Kovarians Antar Phase

**Box's Test of Equality of
Covariance Matrices^a**

Box's M	75.902
F	7.215
df1	10
df2	35518.610
Sig.	.000

Lampiran 5A. Output MANOVA Shift**Multivariate Tests^a**

Effect	Value	F	Hypothesis df	Error df	Sig.
Intercept Pillai's Trace	1.000	9447427.932 ^b	4.000	84	.000
Wilks' Lambda	.000	9447427.932 ^b	4.000	84	.000
Hotelling's Trace	449877.521	9447427.932 ^b	4.000	84	.000
Roy's Largest Root	449877.521	9447427.932 ^b	4.000	84	.000
Shift Pillai's Trace	.075	.831	8.000	170	.577
Wilks' Lambda	.925	.836 ^b	8.000	168	.572
Hotelling's Trace	.081	.840	8.000	166	.568
Roy's Largest Root	.079	1.671 ^c	4.000	85	.164

Lampiran 5A. Output MANOVA Shift (Lanjutan)**Between-Subjects SSCP Matrix**

		Warna Larutan	Berat Jenis Butir	Susut Pengeringan	Polarisasi
Hypot thesis	Interce pt	2450580.01 1	12133.267	397.677	1478936.8 35
	Berat Jenis Butir	12133.267	60.074	1.969	7322.485
	Susut Pengeringan	397.677	1.969	.065	240.000
	Polarisasi	1478936.83 5	7322.485	240.000	892545.50 0
	Shift				
	Warna Larutan	1329.689	-3.398	.478	-2.262
	Berat Jenis Butir	-3.398	.009	-.001	.005
	Susut Pengeringan	.478	-.001	.000	-.001
	Polarisasi	-2.262	.005	-.001	.006
Error	Warna Larutan	133519.300	26.741	7.946	-156.913
	Berat Jenis Butir	26.741	.263	.017	-.482
	Susut Pengeringan	7.946	.017	.019	-.079
	Polarisasi	-156.913	-.482	-.079	3.118

Lampiran 5B. Output MANOVA Phase
Multivariate Tests^a

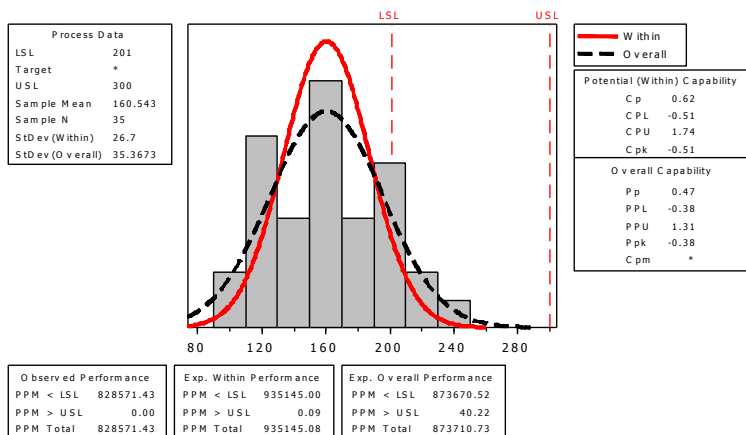
Effect		Value	F	Hypothesis df	Error df	Sig.
Intercept	Pillai's Trace	1.000	11868101.642 ^b	4.000	85.00	.000
	Wilks' Lambda	.000	11868101.642 ^b	4.000	85.00	.000
	Hotelling's Trace	558498.901	11868101.642 ^b	4.000	85.00	.000
	Roy's Largest Root	558498.901	11868101.642 ^b	4.000	85.00	.000
Phase	Pillai's Trace	.251	7.122 ^b	4.000	85.00	.000
	Wilks' Lambda	.749	7.122 ^b	4.000	85.00	.000
	Hotelling's Trace	.335	7.122 ^b	4.000	85.00	.000
	Roy's Largest Root	.335	7.122 ^b	4.000	85.00	.000

Lampiran 5B. Output MANOVA Phase (Lanjutan)
Between-Subjects SSCP Matrix

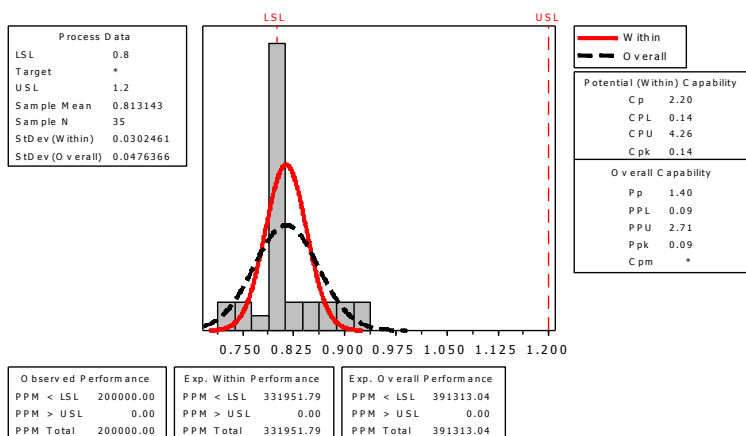
			Warna Larutan	Berat Jenis Butir	Susut Pengeringan	Polarisasi
Hypothesis	Intercept	Warna Larutan	2441956.69 1	12096.973	397.311	1472958.45 4
		Berat Jenis Butir	12096.973	59.926	1.968	7296.747
		Susut Pengeringan	397.311	1.968	.065	239.653
		Polarisasi	1472958.45 4	7296.747	239.653	888470.552
	Phase	Warna Larutan	118.557	1.256	.127	-9.363
		Berat Jenis Butir	1.256	.013	.001	-.099
		Susut Pengeringan	.127	.001	.000	-.010
		Polarisasi	-9.363	-.099	-.010	.740
	Error	Warna Larutan	134730.432	22.087	8.296	-149.812
		Berat Jenis Butir	22.087	.259	.014	-.378
		Susut Pengeringan	8.296	.014	.019	-.069
		Polarisasi	-149.812	-.378	-.069	2.385

Lampiran 6. *Output* Indeks Kapabilitas Phase I

Process Capability of Warna Larutan Phase I

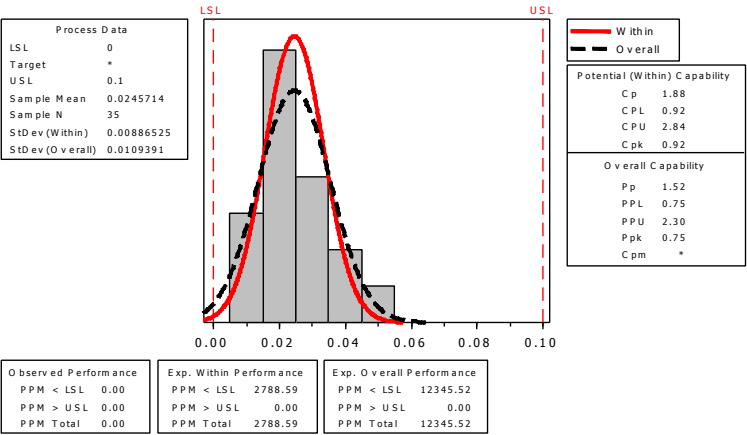


Process Capability of BJB Phase I

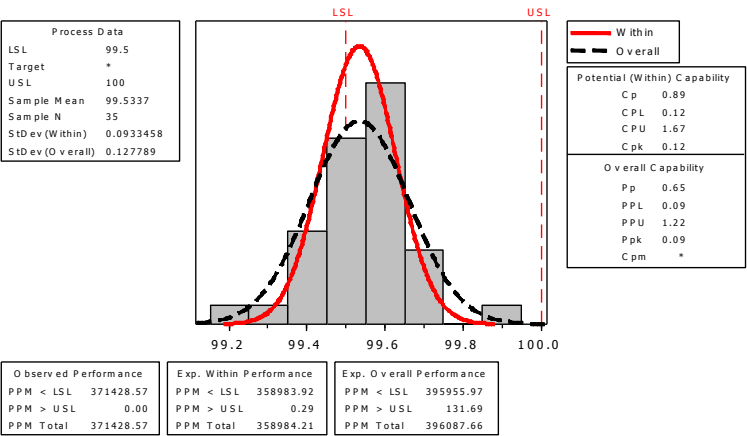


Lampiran 6. *Output* Indeks Kapabilitas Phase I (Lanjutan)

Process Capability of Susut Pengeringan Phase I

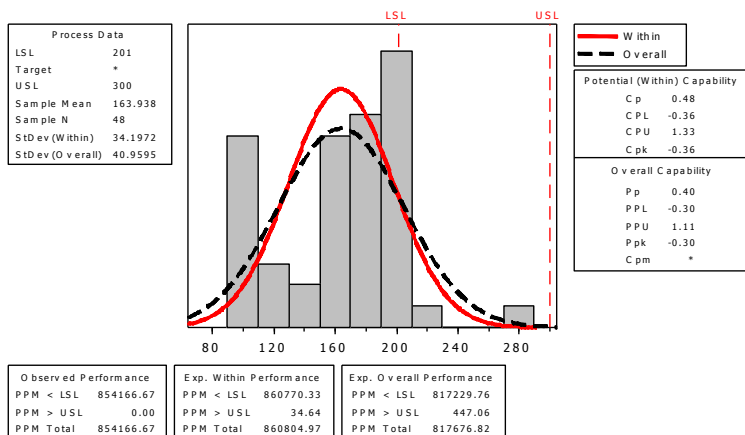


Process Capability of Polarisasi Phase I

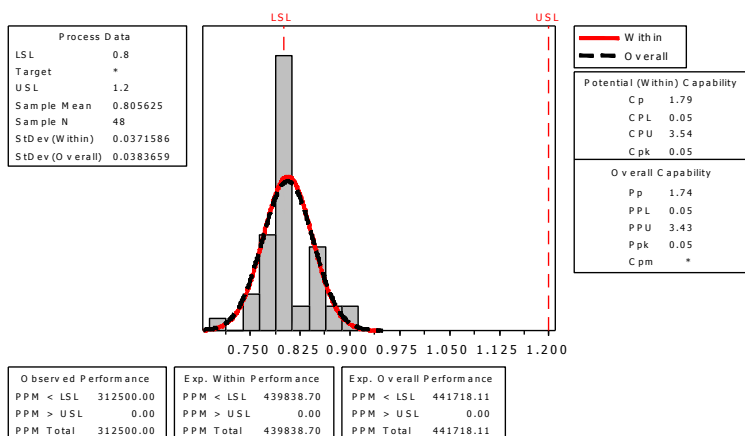


Lampiran 7. Output Indeks Kapabilitas Phase II

Process Capability of Warna Larutan Phase II

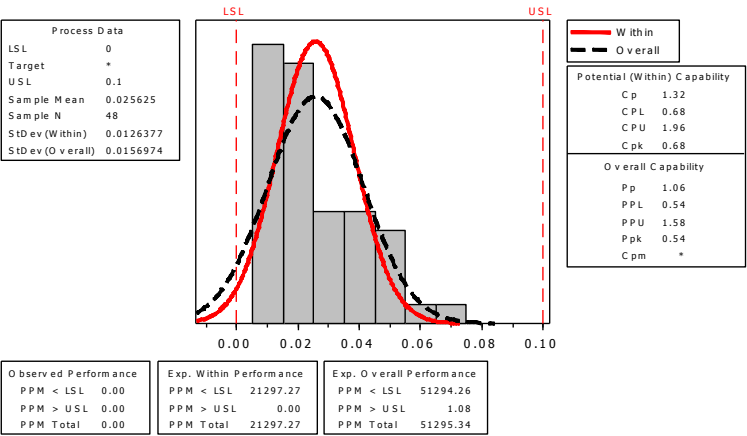


Process Capability of BJB Phase II

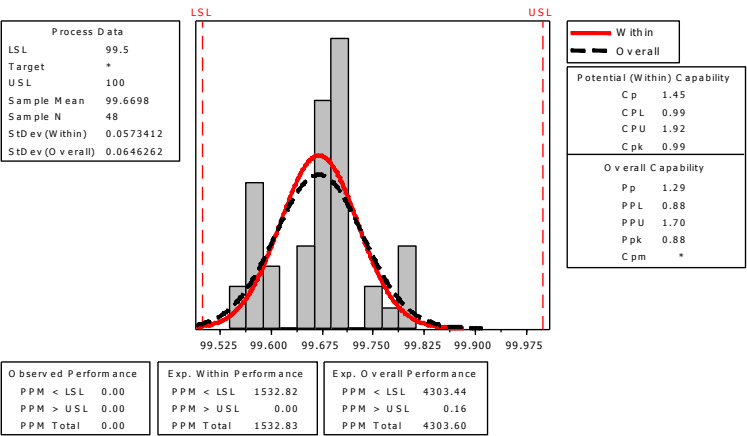


Lampiran 7. *Output* Indeks Kapabilitas Phase II (Lanjutan)


Process Capability of Susut Pengeringan Phase II



Process Capability of Polarisasi Phase II



Lampiran 8. Surat Ijin Penelitian



PT Perkebunan Nusantara X
 Jalan Jembatan Merah No. 3-11 Surabaya 60175
 Telepon : (031) 3523143 (Hunting) Fax : (031) 3523167
 Homepage : <http://www.ptpn10.co.id>
 E-mail : contact@ptpn10.co.id

Nomor : IC-RUPA-2/17.43
 Lampiran : -
 Perihal : **IJIN PENELITIAN**

17 Januari 2017

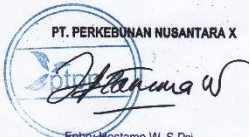
Kepada :
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
 Kampus ITS Sukolilo
Surabaya 60111

Menunjuk surat Saudara No. 002464/IT2.VI.1.3/TU.00.09/2017 Tanggal 16 Januari 2017 perihal tersebut di atas, dengan ini diberitahukan bahwa pada dasarnya kami dapat menyetujui/memberikan ijin kepada Mahasiswa/i Lembaga Saudara untuk melaksanakan penelitian dan pengumpulan data guna penyusunan Tugas Akhir di unit kerja PT. Perkebunan Nusantara X.

- Nama : **Igusti Mega Sekar Arum** NRP. 1314030075
- Sekolah : Institut Teknologi Sepuluh Nopember
- Fakultas / Jurusan : Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam/Statistika FMIPA
- Waktu : 20 Januari s/d 28 Februari 2017
- Judul : Analisis Pengendalian Kualitas Mutu di Pabrik Gula Tjoekir Jombang
- Tempat : PG. Tjoekir

Setelah selesai melaksanakan penelitian, diminta untuk menyerahkan laporannya kepada Kantor Direksi PT. Perkebunan Nusantara X, Jl. Jembatan Merah No. 3 - 11 Surabaya.

Demikian hendaknya maktum.



PT. PERKEBUNAN NUSANTARA X
Febry Hestama W, S.Pai
 Kaur. Pengembangan SDM

Tindakan :
 General Manager PG. Tjoekir

PT PERKEBUNAN NUSANTARA X

Lampiran 9. Surat Pernyataan Keaslian Data

SURAT PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan dibawah ini, mahasiswa Departemen Statistika
Bisnis Fakultas Vokasi ITS :

Nama : Igusti Mega Sekar Arum

NRP : 1314 030 075

Menyatakan bahwa data yang digunakan dalam Tugas Akhir ini merupakan data
sekunder yang diambil dari Penelitian/Buku/Tugas Akhir/Thesis/Publikasi *)
yaitu

Sumber : Bagian Quality Control PG. Tjoekir

Keterangan : Data Kualitas Gula Periode Giling 2016

Surat Pernyataan ini dibuat dengan sebenarnya. Apabila terdapat pemalsuan
data, maka saya siap menerima sanksi sesuai dengan peraturan yang berlaku.

Mengetahui,

Pejabat Pemberi Data,

(Hites Agatha P.S.T.)

NIP.

Surabaya, 10 Juli 2017

Yang Membuat Pernyataan,

(Igusti Mega S.A.)

NRP. 1314 030 075

Mengetahui,

Dosen Pembimbing Tugas Akhir,

(Dra. Lukia Aridnanti M.T.)

NIP. 1960131 198701 2 001

BIODATA PENULIS



Igusti Mega Sekar Arum adalah nama lengkap dari penulis tugas akhir ini. Penulis lahir di Jombang pada tanggal 7 Agustus 1996 sebagai anak pertama dari 3 bersaudara oleh Bapak Agus Sumaryono dan Ibu Kasiyati. Penulis bertempat tinggal di Ds. Plandi RT. 17 RW. 05 Kec. Jombang Kab. Jombang. Sebelum menempuh pendidikan diploma penulis bersekolah di TK Pertiwi Plandi Jombang (2000-2002),

SDN Plandi I Jombang (2002-2008), SMPN 5 Jombang (2008-2011) dan SMAN Bandarkedungmulyo Jombang (2011-2014). Setelah lulus dari SMA penulis mengikuti seleksi penerimaan mahasiswa baru dan diterima sebagai mahasiswa di Departemen Statistika Bisnis dengan NRP 1314 030 075. Selama perkuliahan penulis aktif mengikuti kepanitiaan sebagai Sie Konsumsi dan Kesehatan di Pekan Raya Statistika (PRS) 2016, Sie Pubdok pada LKMW-TD (Latihan Keterampilan Mahasiswa Wirausaha – Tingkat Dasar), dan Sie Acara *Great Event of FMIPA* (Gempa) 2016. Penulis juga pernah mengikuti kegiatan pelatihan seperti LKMM (Latihan Keterampilan Manajemen Mahasiswa) Pra-TD, PKM 5 bidang, LKMM TD, PKTI (Pelatihan Karya Tulis Ilmiah), *Technopreneurship*, *Public Speaking*, ISO 9001:2015 dan lain-lain. Penulis juga berkesempatan melakukan kerja praktek di Bank Jatim Tulungagung. Apabila pembaca memiliki kritik dan saran atau ingin berdiskusi lebih lanjut dapat melalui email megasekar394a@gmail.com atau 082257470849.

Halaman ini sengaja dikosongkan